

**DOUGLAS DA COSTA FERREIRA**

**PROPOSTA DE METODOLOGIA DE ANÁLISE PARA ADOÇÃO DE  
TECNOLOGIAS AVANÇADAS DE MANUFATURA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica,  
pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Mecânica da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gechele Clêto

**CURITIBA**

**2004**

Ferreira, Douglas da Costa

Proposta de metodologia de análise para a adoção de tecnologias avançadas de manufatura / Douglas da Costa Ferreira. - Curitiba, 2004.

183 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gechele Cleto

Dissertação (Mestrado) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Inclui Bibliografia

1. Manufatura - Metodologia. 2. Planejamento da produção.  
3. Engenharia de Produção. I. Cleto, Marcelo Gechele. II. Título.  
III. Universidade Federal do Paraná.

CDD 670.427

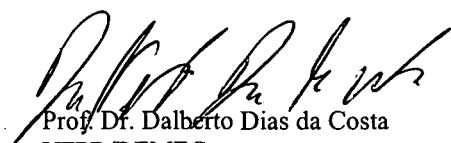
## TERMO DE APROVAÇÃO

DOUGLAS DA COSTA FERREIRA

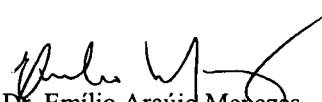
### PROPOSTA DE METODOLOGIA DE ANÁLISE PARA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS AVANÇADAS DE MANUFATURA

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Engenharia Mecânica, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

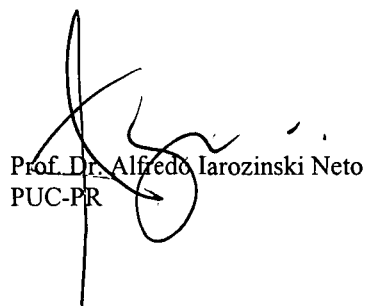
Banca Examinadora:



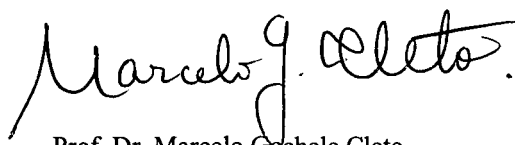
Prof. Dr. Dalberto Dias da Costa  
UFPR/DEMEC



Prof. Dr. Emilio Araújo Menezes  
UFSC



Prof. Dr. Alfredo Iarozinski Neto  
PUC-PR



Prof. Dr. Marcelo Gechele Cleto  
PG-MEC / UFPR  
Presidente

Curitiba, março de 2004

## AGRADECIMENTOS

A elaboração dessa dissertação de mestrado envolveu o esforço, iniciativa e participação de várias pessoas. Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a realização desse trabalho. Em especial:

- Ao professor Marcelo Gechele Cleto, por sua orientação e incentivo que recebi no decorrer do trabalho
- Aos participantes das pesquisas de campo que muito contribuíram para as análises da metodologia proposta, em especial aos Srs. Denilson G. Zanotto, Ronald Zanetti, Jorge Wilson Michalowski, Fabiano Fatuch, Wilson R. V. Micolli, Aldo Zunino e Luiz Renato Quinalha
- À minha família, que teve paciência e compreensão durante todo o tempo que estive ausente em função da elaboração da dissertação, especialmente minha esposa, que me deu suporte e teve paciência durante todo esse período
- Aos meus colegas de mestrado, que me deram apoio nos momentos mais difíceis
- A todos os professores do PG-MEC, que sempre confiaram na minha capacidade
- A todos os meus colegas da VW/Audi, em especial aos Srs. Mariano Navarro<sup>†</sup> e Jürgen Massirer, que me dispensaram do serviço, permitindo continuar as pesquisas.

## RESUMO

FERREIRA, Douglas da Costa. **Proposta de Metodologia de Análise para Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura**. 2004. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFPR, Curitiba.

A partir dos anos 90 as indústrias metalúrgicas passaram a automatizar suas linhas de produção de maneira cada vez mais acelerada. O investimento em tecnologias de manufatura passou a se tornar um diferencial na busca pela vantagem competitiva.

Os avanços tecnológicos vêm possibilitando o acesso cada vez maior às novas tecnologias aplicadas aos processos de manufatura, não apenas pelo seu menor custo, como também pelos seus maiores ganhos no aumento de flexibilidade, qualidade, produtividade, etc. No entanto, nem todas as empresas que investiram em tecnologias aplicadas à manufatura obtiveram êxito na busca por melhores resultados.

O processo de adoção de tecnologias aplicadas à manufatura, em especial, tecnologias avançadas de manufatura (AMTs - *Advanced Manufacturing Technologies*) é uma tarefa que requer a realização de um processo de análise detalhado para garantir um resultado satisfatório em relação aos objetivos esperados desse investimento.

Através de pesquisa de campo, com utilização de questionário estruturado, foi possível confirmar a dificuldade que as empresas metalúrgicas de grande porte brasileiras enfrentam durante o processo de análise para adoção das AMTs, onde se pode constatar, que grande parte dos ganhos esperados por essas empresas não foi alcançado após a realização do investimento.

O objetivo dessa dissertação é a elaboração de uma metodologia para realização de um processo de análise para adoção de AMTs de uma maneira mais eficiente, ou seja, garantindo melhores resultados decorrentes do processo de adoção.

A metodologia proposta foi elaborada através da utilização de ferramentas de análise conhecidas da literatura (ferramentas de análise financeira, análise de risco, etc.), estruturadas em forma de metodologia e procurando abranger os aspectos identificados com sendo mais importantes no processo de análise para esse tipo de investimento.

Essa proposta de metodologia de análise foi avaliada em cinco estudos de caso aplicados em indústrias metalúrgicas de grande porte. Esses estudos de caso se constituíram de entrevistas e questionários estruturados, aplicados aos responsáveis pelo processo de análise para adoção das AMTs dessas empresas.

Através da análise dos resultados desses estudos de caso, pode-se concluir que as empresas que utilizaram a metodologia proposta em maior grau obtiveram melhores resultados provenientes da adoção das tecnologias avançadas de manufatura.

Palavras-chave: Tecnologia, Manufatura, AMT, Análise, Investimento.

## ABSTRACT

FERREIRA, Douglas da Costa. **Proposta de Metodologia de Análise para Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura**. 2004. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFPR, Curitiba.

From the nineties on the metallurgist industries started to automate their production lines more and more accelerated. The investment in manufacture technologies became an advantage in the search for the competitive advantage.

The technological progresses became possible a larger access to the new technologies applied to the manufacturing processes, not only for the smallest cost, as well as for the best results in increasing the flexibility, quality, productivity, etc. However, nor all the companies that invested in technologies applied in manufacture obtained success in the search for better results.

The process of adoption of technologies applied in manufacturing, especially, Advanced Manufacturing Technologies (AMTs) is a task that requests the accomplishment of a detailed analysis process to guarantee a satisfactory result in relation to the expected objectives of that investment.

Through field research, with use of structured questionnaire, it was possible to confirm the difficulty that the big sized Brazilian metallurgist companies face during the analysis process for adoption of AMTs, where was possible to verify that great part of the expected earnings for those companies was not reached after the accomplishment of the investment.

The objective of that dissertation is the elaboration of a methodology for accomplishment of an analysis process for adoption of AMTs in a more efficient way, in other words, guaranteeing better current results of the adoption process.

The proposed methodology was elaborated through the use of known analysis tools from the literature (tools of financial analysis, risk analysis, etc.), structured in methodology form and trying to embrace the identified aspects with being more important in the analysis process for that investment type.

That proposal of analysis methodology was evaluated in five case studies applied in big sized metallurgist industries. Those case studies were constituted of interviews and structured questionnaires, applied to the responsible for the analysis process for adoption of AMTs of those companies.

Through the analysis of the results of those case studies, it can be concluded that the companies that used the methodology proposed in larger degree obtained better results of the adoption of the advanced manufacturing technologies.

Key-words: Technology, Manufacturing, AMT, Analysis, Investment.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>13</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>16</b>
<b>1        CONSIDERAÇÕES INICIAIS AO ESTUDO PROPOSTO.....</b>	<b>19</b>
1.1      APRESENTAÇÃO .....	19
1.2      DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	21
1.3      JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	24
1.4      OBJETIVOS DA PESQUISA .....	25
1.4.1    Objetivo Geral .....	25
1.4.2    Objetivos Específicos.....	25
1.5      METODOLOGIA DE PESQUISA.....	26
1.6      ESTRUTURA DO TRABALHO PROPOSTO .....	29
<b>2        EVOLUÇÃO CONCEITUAL DAS AMTS .....</b>	<b>30</b>
2.1      INTRODUÇÃO .....	30
2.2      DEFINIÇÃO DE AMT .....	32
2.2.1    Definições Clássicas de AMTs.....	32
2.2.2    Conclusões sobre a definição de AMT .....	35
2.3      METODOLOGIAS DE ANÁLISE PARA ADOÇÃO DAS AMTs.....	36
2.3.1    Considerações iniciais .....	36
2.3.2    Metodologias Clássicas para Análise na Adoção de AMTs.....	38
2.3.3    ANÁLISE INTEGRADA .....	38
2.3.3.1   Metodologia Estratégica, Econômica e Analítica (MEEA) .....	39
2.3.3.2   Sistema de Medição de Performance Comparativa-Integrada (CIPM) .....	41
2.3.3.3   Conclusões sobre a análise integrada.....	43
2.3.4    ANÁLISE DE RISCO .....	43
2.3.4.1   Modelo de Decisão de Multivariáveis (MADM).....	44
2.3.4.2   Processo Hierárquico de Análise (AHP).....	45
2.3.4.3   Princípio de Hurwicz .....	49

3.2.2.5	Análise da Flexibilidade para Adoção de AMTs.....	78
3.2.2.6	Etapas Críticas para Adoção de AMTs.....	78
3.2.2.7	Conclusões da Empresa B.....	80
3.2.3	RESULTADOS DA EMPRESA C.....	80
3.2.3.1	Dificuldade no Processo de Adoção de AMTs.....	81
3.2.3.2	Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs.....	81
3.2.3.3	Análise Financeira para Adoção de AMTs.....	82
3.2.3.4	Análise da Qualidade para Adoção de AMTs.....	82
3.2.3.5	Análise da Flexibilidade para Adoção de AMTs.....	84
3.2.3.6	Etapas Críticas para Adoção de AMTs.....	84
3.2.3.7	Conclusões para a empresa C.....	86
3.2.4	RESULTADOS DA EMPRESA D.....	86
3.2.4.1	Dificuldade no Processo de Adoção de AMTs.....	87
3.2.4.2	Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs.....	87
3.2.4.3	Análise Financeira para Adoção de AMTs.....	88
3.2.4.4	Análise da Qualidade para Adoção de AMTs.....	88
3.2.4.5	Análise da Flexibilidade para Adoção de AMTs.....	89
3.2.4.6	Etapas Críticas para Adoção de AMTs.....	90
3.2.4.7	Conclusões para a empresa D.....	91
3.2.5	RESULTADOS DA EMPRESA E.....	91
3.2.5.1	Dificuldade no Processo de Adoção de AMTs.....	92
3.2.5.2	Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs.....	92
3.2.5.3	Análise Financeira para Adoção de AMTs.....	93
3.2.5.4	Análise da Qualidade para Adoção de AMTs.....	94
3.2.5.5	Análise da Flexibilidade para Adoção de AMTs.....	94
3.2.5.6	Etapas Críticas para Adoção de AMTs.....	95
3.2.5.7	Conclusões para a empresa E.....	96
3.3	ANÁLISE COMPARATIVA DAS AMTs AVALIADAS.....	96
3.4	ANÁLISE CRUZADA DOS ESCORES.....	98
3.5	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	100
4	<b>PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ADOÇÃO DE AMTs.....</b>	<b>102</b>



4.1	INTRODUÇÃO .....	102
4.2	CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	103
4.3	FORMULAÇÃO GERAL DA METODOLOGIA PROPOSTA .....	104
4.3.1	FATORES LIMITANTES NO PROCESSO DE ADOÇÃO DE AMTs (Item I da Figura 4.1) .....	105
4.3.1.1	Filosofia da empresa .....	106
4.3.1.2	Influência da Matriz .....	107
4.3.1.3	Influência do Mercado .....	107
4.3.2	ANÁLISE FINANCEIRA (Item II da Figura 4.1) .....	108
4.3.2.1	Análise de Pay-Back .....	109
4.3.2.2	Análise de ROI .....	110
4.3.2.3	Análise de Custo x Benefício .....	110
4.3.2.4	Conclusões sobre a Análise Financeira .....	112
4.3.3	ANÁLISE DOS GANHOS DE QUALIDADE (Item III da Figura 4.1) .....	112
4.3.3.1	Análise do Custo de Prevenção .....	115
4.3.3.2	Análise dos custos de Avaliação .....	115
4.3.3.3	Análise dos custos de falhas internas .....	115
4.3.3.4	Análise dos custos de falhas externas .....	116
4.3.3.5	Conclusão sobre a Análise de Ganhos de Qualidade .....	116
4.3.4	ANÁLISE DOS GANHOS DE FLEXIBILIDADE (Item IV da Figura 4.1) .....	116
4.3.4.1	Flexibilidade de Volume .....	118
4.3.4.2	Flexibilidade de Modelo .....	119
4.3.4.3	Conclusão sobre a Análise dos Ganhos de Flexibilidade .....	119
4.3.5	AValiação DOS ASPECTOS HUMANOS (Item V da Figura 4.1) .....	120
4.3.5.1	Conclusão sobre a Análise dos Aspectos Humanos .....	122
4.3.6	VERIFICAÇÃO DA MANUTENIBILIDADE DA AMT (Item VI da Figura 4.1) 122	
4.3.6.1	Conclusão sobre a Análise da Manutenibilidade .....	123
4.3.7	TESTE DE USO DA AMT (Item VII da Figura 4.1) .....	123
4.3.7.1	Conclusão sobre a Análise de Teste de Uso .....	124
4.3.8	DETERMINAÇÃO DOS GANHOS ESPERADOS E MÉTODO DE MENSURAÇÃO (Item VIII da Figura 4.1) .....	124

4.3.8.1	Conclusão sobre a Análise dos Ganhos Esperados e Métodos de Mensuração dos Ganhos	125
4.3.9	AVALIAÇÃO DE RISCO (Item IX da Figura 4.1)	126
4.3.9.1	Conclusão sobre a Análise de Risco	126
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A METODOLOGIA PROPOSTA	127
<b>5</b>	<b>SEGUNDA PESQUISA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA</b>	<b>129</b>
5.1	INTRODUÇÃO	129
5.2	METODOLOGIA DE PESQUISA	130
5.3	RESULTADOS DA EMPRESA A	130
5.3.1	Análise das Limitações da Metodologia Proposta (Empresa A)	131
5.3.2	Análise do Grau de Utilização da Metodologia (Empresa A)	133
5.3.3	Análise dos Resultados na Adoção da AMT (Empresa A)	134
5.3.4	Conclusões da Empresa A	135
5.4	RESULTADOS DA EMPRESA D	135
5.4.1	Análise das Limitações da Metodologia Proposta (Empresa D)	136
5.4.2	Análise do Grau de Utilização da Metodologia (Empresa D)	137
5.4.3	Análise dos Resultados na Adoção da AMT (Empresa D)	139
5.4.4	Conclusões da Empresa D	140
5.5	RESULTADOS DA EMPRESA E	140
5.5.1	Análise das Limitações da Metodologia Proposta (Empresa E)	141
5.5.2	Análise do Grau de Utilização da Metodologia (Empresa E)	142
5.5.3	Análise dos Resultados na Adoção da AMT (Empresa E)	143
5.5.4	Conclusões da Empresa E	144
5.6	RESULTADOS DA EMPRESA F	145
5.6.1	Análise das Limitações da Metodologia Proposta (Empresa F)	145
5.6.2	Análise do Grau de Utilização da Metodologia (Empresa F)	147
5.6.3	Análise dos Resultados na Adoção da AMT (Empresa F)	148
5.6.4	Conclusões da Empresa F	149
5.7	RESULTADOS DA EMPRESA G	150
5.7.1	Análise das Limitações da Metodologia Proposta (Empresa G)	150

5.7.2	Análise do Grau de Utilização da Metodologia (Empresa G).....	151
5.7.3	Análise dos Resultados na Adoção da AMT (Empresa G).....	153
5.7.4	Conclusões da Empresa G.....	154
5.8	RESULTADO GERAL POR EMPRESA .....	154
5.9	ANÁLISE CRUZADAS DOS ESCORES .....	155
5.10	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO .....	158
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS .....	161
	REFERÊNCIAS.....	163
	APÊNDICE A.....	169
	APÊNDICE B.....	175
	APÊNDICE C.....	180

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1.1 - Estrutura de Desenvolvimento do trabalho proposto

Figura 2.1 - MEEA - Chan (2001)

Figura 2.2 - Método de Análise Comparativa-Integrada - Kim et al. (1997)

Figura 2.3 - Hierarquia de Medição de Risco - ADBEL-KADER e DUGDALE (2001)

Figura 2.4 - Análise de Mercado - Chung (1991)

Figura 2.5 - Estratégias de Automação - Fujimoto (1997)

Figura 4.1 - Metodologia para Análise de Investimentos em AMTs

Figura 4.2 - Análise de ROI

Figura 4.3 - Análise de custo x benefício

Figura 4.4 - Evolução dos custos da qualidade - Robles Jr. (1996)

## **LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1.1 - Razões para se Investir em AMTs - Burcher e Lee (2000)
- Tabela 2.1 - Classificação das AMTs - Gerwin e Kolodny (1992)
- Tabela 2.2 - Classificação das AMTs - Chan (2001)
- Tabela 2.3 - Classificação das AMTs - Sabourin (1999)
- Tabela 2.4 - Metodologias Clássicas de Análise para Adoção de AMTs
- Tabela 2.5 - Modelo de Decisão de Multivariáveis - Carter (1992)
- Tabela 2.6 - Grau de Preferência entre dois elementos - Yusuff (2001)
- Tabela 2.7 - Atributos para Avaliação da AMT - Yusuff (2001)
- Tabela 2.8 - Matriz de Prioridades dos Atributos - Yusuff (2001)
- Tabela 2.9 - Matriz Normalizada de Prioridades dos Atributos - Yusuff (2001)
- Tabela 2.10 - Prioridade entre as alternativas - Yusuff (2001)
- Tabela 2.11 - Avaliação da alternativa F1 - Yusuff (2001)
- Tabela 2.12 - Resumo da Avaliação das alternativas - Yusuff (2001)
- Tabela 2.13 - Análise Final do Método AHP - Yusuff (2001)
- Tabela 2.14 - Princípio de Hurwicz - Carter (1992)
- Tabela 2.15 - Análise de Risco segundo a Avaliação Multiobjetiva - Demmel e Askin (1996)
- Tabela 2.16 - Metodologias de Análise para adoção de AMTs
- Tabela 3.1 - Dificuldade no processo de adoção de AMTs - Empresa A
- Tabela 3.2 - Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs - Empresa A
- Tabela 3.3 - Análise Financeira para adoção de AMTs - Empresa A
- Tabela 3.4 - Impacto das AMTs sobre a Qualidade - Empresa A
- Tabela 3.5 - Impacto das AMTs sobre a Flexibilidade - Empresa A
- Tabela 3.6 - Etapas para Adoção de AMTs - Empresa A
- Tabela 3.7 - Dificuldade no processo de adoção de AMTs - Empresa B
- Tabela 3.8 - Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs - Empresa B
- Tabela 3.9 - Análise Financeira para adoção de AMTs - Empresa B
- Tabela 3.10 - Impacto das AMTs sobre a Qualidade - Empresa B
- Tabela 3.11 - Impacto das AMTs sobre a Flexibilidade - Empresa B
- Tabela 3.12 - Etapas para Adoção de AMTs - Empresa B
- Tabela 3.13 - Dificuldade no processo de adoção de AMTs - Empresa C

Tabela 3.14 - Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs - Empresa C

Tabela 3.15 - Análise Financeira para adoção de AMTs - Empresa C

Tabela 3.16 - Impacto das AMTs sobre a Qualidade - Empresa C

Tabela 3.17 - Impacto das AMTs sobre a Flexibilidade - Empresa C

Tabela 3.18 - Etapas para Adoção de AMTs - Empresa C

Tabela 3.19 - Dificuldade no processo de adoção de AMTs - Empresa D

Tabela 3.20 - Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs - Empresa D

Tabela 3.21 - Análise Financeira para adoção de AMTs - Empresa D

Tabela 3.22 - Impacto das AMTs sobre a Qualidade - Empresa D

Tabela 3.23 - Impacto das AMTs sobre a Flexibilidade - Empresa D

Tabela 3.24 - Etapas para Adoção de AMTs - Empresa D

Tabela 3.25 - Dificuldade no processo de adoção de AMTs - Empresa E

Tabela 3.26 - Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs - Empresa E

Tabela 3.27 - Análise Financeira para adoção de AMTs - Empresa E

Tabela 3.28 - Impacto das AMTs sobre a Qualidade - Empresa E

Tabela 3.29 - Impacto das AMTs sobre a Flexibilidade - Empresa E

Tabela 3.30 - Etapas para Adoção de AMTs - Empresa E

Tabela 3.31 - AMTs avaliadas na primeira pesquisa de campo

Tabela 3.32 - Resumo dos Escores das Empresas Pesquisadas

Tabela 5.1 - Limitações no processo de adoção de AMTs - Empresa A

Tabela 5.2 - Grau de Utilização da Metodologia Proposta - Empresa A

Tabela 5.3 - Resultados do processo de adoção das AMTs - Empresa A

Tabela 5.4 - Limitações no processo de adoção de AMTs - Empresa D

Tabela 5.5 - Grau de Utilização da Metodologia Proposta - Empresa D

Tabela 5.6 - Resultados do processo de adoção das AMTs - Empresa D

Tabela 5.7 - Limitações no processo de adoção de AMTs - Empresa E

Tabela 5.8 - Grau de Utilização da Metodologia Proposta - Empresa E

Tabela 5.9 - Resultados do processo de adoção das AMTs - Empresa E

Tabela 5.10 - Limitações no processo de adoção de AMTs - Empresa F

Tabela 5.11 - Grau de Utilização da Metodologia Proposta - Empresa F

Tabela 5.12 - Resultados do processo de adoção das AMTs - Empresa F

Tabela 5.13 - Limitações no processo de adoção de AMTs - Empresa G

Tabela 5.14 - Grau de Utilização da Metodologia Proposta - Empresa G

Tabela 5.15 - Resultados do processo de adoção das AMTs - Empresa G

Tabela 5.16 - Resultado Geral por Empresa

Tabela 5.17 - Análise Cruzada - Análise das Limitações

Tabela 5.18 - Análise Cruzada - Grau de utilização da metodologia

Tabela 5.19 - Análise Cruzada - Resultado do Investimento

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGVS	Automated Guided Vehicle System (Sistema com Veículo Guiado Automaticamente)
AITE	Automated Inspection and Test Equipment (Equipamento Automatizado de Inspeção e Teste)
AS/RS	Automatic Storage / Retrieval System (Sistema Automatizado de Armazenamento e Retirada)
AMHS	Automated Material Handling System (Sistema Automatizado de Manuseio de Materiais)
AMT	Advanced Manufacturing Technology (Tecnologia Avançada de Manufatura)
AVBS	Automated Vision Based System (Sistema Automatizado Baseado na Visão)
CAD	Computer Aided Design (Projeto Auxiliado por Computador)
CAE	Computer Aided Engineering (Engenharia Auxiliada por Computador)
CAI	Computer Aided Inspection (Inspeção Auxiliada por Computador)
CAM	Computer Aided Manufacturing (Manufatura Auxiliada por Computador)
CAPP	Computer Aided Process Planning (Planejamento do Processo Auxiliado por Computador)
CAQ	Computer Aided Quality (Qualidade Auxiliada por Computador)
CCQ	Círculos de Controle de Qualidade
CIM	Computer Integrated Manufacturing (Manufatura Integrada por Computador)
CNC	Computer Numeric Control (Comando Numérico Computadorizado)



CPM	Computer Preventive Maintenance (Manutenção Preventiva Computadorizada)
EDI	Electronic Data Interchange (Intercâmbio Eletrônico de Dados)
ES	Expert System (Sistemas Inteligentes)
FMC	Flexible Manufacturing Cell (Célula Flexível de Manufatura)
FMS	Flexible Manufacturing System (Sistema Flexível de Manufatura)
HSM	High Speed Manufacturing (Usinagem de Alta Velocidade)
JIT	Just-in-time
KBS	Knowledge Based System (Software Baseado em Conhecimento)
LAN	Local Area Network (Rede de Computadores Local)
MRP	Manufacturing Requirements Planning (Planejamento das Necessidades de Material)
MRP II	Manufacturing Resources Planning (Planejamento dos Recursos de Manufatura)
MWL	Materials Working Laser (Materiais Manufaturados por Laser)
NC	Numeric Control (Comando Numérico)
NNST	Near Net Shape System (Tecnologia de Aproximação do Formato Final)
OPT	Optimized Production Technology (Tecnologia Otimizada de Produção)
PC	Programmable Controllers (Controladores Programáveis)
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento

PLC	Programmable Logic Controllers (Controladores Lógicos Programáveis)
RPS	Rapid Prototyping System (Sistema de Prototipação Rápida)
SBS	Sensors Based System (Sistema Baseado em Sensores)
SCADA	Supervision for Control of Acquisition Data (Controle de Supervisão e Aquisição de Dados)
TQC	Total Quality Control (Controle Total da Qualidade)
TQM	Total Quality Management (Gestão da Qualidade Total)

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS AO ESTUDO PROPOSTO

### 1.1 APRESENTAÇÃO

A evolução dos sistemas produtivos desencadeou diversas pesquisas sobre a modernização dos processos de manufatura, nos seus mais variados aspectos. A evolução da tecnologia e seu impacto nos sistemas produtivos pode ser analisada sob muitas óticas diferenciadas. A palavra tecnologia é muito abrangente, envolvendo aspectos relacionados ao ser humano, software, hardware, entre outras abordagens.

A tecnologia aplicada no processo produtivo, conforme citado por Han (1997), é aquela que diferencia os diferentes níveis de sistemas de produção através da sofisticação técnica. Segundo Chaharbaghi (2000) a tecnologia está presente em algo considerado novo em relação às práticas do passado, com o conhecimento sendo aplicado na melhoria das práticas atuais, conforme citado por Brinkman (2001). No entanto, é preciso que se estabeleça qual diferença entre inovação e tecnologia: a primeira é, segundo Saaksjarvi (2003), uma idéia, prática ou objeto que é percebido como sendo novo pelas pessoas. A segunda pode ser descrita como sendo a aplicação do conhecimento para gerar uma inovação, representada através de um elemento físico (*hardware*) ou um *software*.

Tecnologia pode ser definida como atividades físicas relacionadas com a manufatura de produtos, conforme citado por Drejer (2000), podendo estar focada em elementos físicos (*hardwares*) ou uma definição mais aberta que pode incluir *softwares*, aspectos organizacionais ou até mesmo habilidades humanas.

Nessa pesquisa será estudada a tecnologia aplicada na melhoria dos processos de manufatura em relação ao seu papel produtivo, ou seja, equipamentos que auxiliem a manufatura, tornando-a mais confiável, flexível, barata e eficiente. Muitos autores que estudam esse tipo de tecnologia as nomeiam como tecnologias avançadas de manufatura, ou simplesmente AMTs.

As Tecnologias Avançadas de Manufatura (AMTs - *Advanced Manufacturing Technologies*) são caracterizadas por inclusão de tecnologia em um processo de manufatura

existente. Exemplos clássicos de AMTs são as automatizações, ou seja, a aplicação de controladores computadorizados na realização de manufaturas mecânicas.

No entanto, é preciso que se esclareça, que AMTs não precisam ser “tecnologias de ponta” ou “*the state of the art*”<sup>1</sup> de um processo de manufatura. Para caracterizar-se uma AMT, basta que se invista em *hardware* ou *software* com o objetivo de otimizar-se o processo de fabricação. Como softwares, pode-se citar: CAD, CAM, CNC, CLP, MRP, EDI, CAPP e CIM. Como hardwares, pode-se citar: Robô, Laser, Plasma e AGV.

Novas tecnologias de gestão (JIT, 5S, Produção Enxuta, Kanban e Manufatura Celular) não podem ser classificadas como AMTs, porque essas tecnologias são organizacionais e não representam modificações na execução dos processos de manufatura, o que é uma das características das AMTs, ou seja, a operação de manufatura deve sofrer uma modernização dos seus conceitos predecessores.

Como as AMTs são caracterizadas por investimentos nos processos atuais, é importante que esse investimento traga um retorno para a empresa. Muitas vezes isso não ocorre, devido à falta de habilidade nessa tomada de decisão ou porque a empresa não faz uso de uma metodologia aplicável para realizar esse tipo de análise.

Muitas empresas não conseguem diferenciar as AMTs das demais tecnologias possíveis de se investir. Esse é um dos motivos que dificultam a análise própria para esse tipo de investimento. A caracterização das AMTs pode ser realizada de diversas formas, no entanto o principal aspecto é aquele relacionado com a inclusão de novo hardware ou software no auxílio da manufatura.

Uma consideração importante de Burcher e Lee (2000) chama a atenção para o fato de que substanciais investimentos em equipamentos, sistemas, *softwares* e *hardwares*, para o desenvolvimento da manufatura, não resultam em melhorias tangíveis imediatas na performance, as quais eram esperadas pela organização no momento do investimento em tais tecnologias.

---

<sup>1</sup> The State of the Art de um processo de manufatura se refere à versão mais recente de uma tecnologia conhecida aplicável a um processo de manufatura.

Investir em AMTs não é somente uma questão de escolha da máquina ou equipamento a ser utilizado, é necessário que se faça uma análise dos ganhos que possam advir desse investimento e da preparação que a empresa deve ter para absorver essa tecnologia.

Existe uma vasta literatura referente à mensuração de desempenho das AMTs no ambiente da indústria metalúrgica, porém, não foi identificada uma ferramenta eficaz que auxilie no processo de decisão quanto à adoção dessas tecnologias. Dessa forma, o trabalho proposto visa cobrir uma lacuna na literatura e acrescentar um conhecimento teórico sobre o assunto. Da mesma forma, visa colaborar com o resultado prático, estabelecendo uma metodologia que poderá ser utilizada pelas indústrias que dela necessitem.

## 1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Segundo Saleh (2001) a avaliação de investimentos para a instalação de AMTs é uma tarefa crítica no processo de gestão organizacional e estratégica das empresas, devido ao alto valor investido e às incertezas quanto ao desempenho dessas tecnologias.

As incertezas quanto ao desempenho das AMTs é evidente. Burcher e Lee (2000) mostrou em seu estudo que a maioria das empresas investe em Tecnologias Avançadas de Manufatura procurando ganhos em fatores tangíveis, tais como: aumento de vantagem competitiva, redução de custos e melhor controle gerencial, porém, após a implementação das AMTs, os ganhos que puderam ser alcançados apresentaram-se intangíveis, tais como: melhoria da imagem da empresa e melhoria da atitude dos funcionários.

Muitos autores, como Robles Jr. (1996), Saleh (2001), Carter (1992), Kim (1997), Demmel e Askin (1996), Proctor e Canada (1992) e Burcher e Lee (2000) consideram que as ferramentas de avaliação econômica não são seguras e adaptadas às novas configurações dos sistemas produtivos, o que inclui os sistemas que adotam AMTs. Esses autores sustentam que existe uma enorme dificuldade para se quantificar os benefícios econômicos decorrentes da adoção das AMTs, uma vez que as estruturas convencionais de custos não permitem a mensuração de muitos valores importantes, como por exemplo os níveis de balanceamento das linhas e de sincronização dos fluxos, as unidades de flexibilidade do sistema operacional, a diminuição de falhas, a diminuição de refugos, entre outros.

O investimento em AMTs deve trazer uma vantagem para a empresa; vantagem é um atributo, qualidade ou característica de superioridade que aumente a probabilidade de sucesso

em uma situação de competitividade, Chung (1991). O investimento em AMTs pode se tornar um forte aliado na busca por vantagens para uma empresa. No entanto, é necessário que esse investimento seja feito com base em uma metodologia coerente.

Burcher e Lee (2000) realizou uma pesquisa em 161 empresas do Reino Unido, utilizando a escala Likert (1 = “mais importante” e 5 = “menos importante”), para identificar quais os benefícios que as empresas esperavam alcançar ao investirem em AMTs, o resultado da pesquisa está tabulado no tabela 1.1.

Resultados Esperados	Classificação (Importância)
Obter Vantagem Competitiva	1
Obter Benefício Financeiro	2
Mensuração de Elementos Competitivos	3
Melhoria da Imagem Empresarial	4
Mensuração de Habilidades Deficientes	5

Tabela 1.1 - Razões para se Investir em AMTs - Burcher e Lee (2000)

No entanto, a maioria das empresas pesquisadas por Burcher e Lee (2000) não conseguiu atingir os resultados esperados. Essa pesquisa mostra que se o investimento realizado em AMTs não seguir uma metodologia adequada os resultados encontrados podem não ser satisfatórios.

Carter (1992) afirma que muitos investimentos em tecnologia, tais como CIM podem revitalizar uma empresa pelo aumento de produtividade, diminuição de sucata e de retrabalho e tempo de ciclo. Porém, a justificativa desse investimento é muito difícil porque o retorno sobre o investimento, fluxo de caixa ou outros mecanismos clássicos de análise econômica não demonstram a vantagem desse investimento.

Conforme citado anteriormente, a questão da tomada de decisão para a adoção de uma tecnologia avançada de manufatura requer que diversas questões sejam analisadas, tais como o retorno esperado, a experiência da empresa e os resultados dos concorrentes.

Muitas empresas investem em tecnologias avançadas de manufatura por decisão de sua empresa matriz ou através de pressão de concorrentes. No entanto, é preciso levar em consideração que o valor investido nessas tecnologias, em geral, significativo. Ou seja, o caixa da empresa pode ser abalado, caso não se conheça, ou sejam mais bem avaliados, os resultados que podem ser alcançados com tal investimento e o impacto na organização.

Para Chung (1991), a falta de conhecimento dos métodos que podem ser utilizados para análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura e a falta de metodologia no processo de adoção dessas tecnologias, podem levar a empresa a investir em tecnologias que não serão utilizadas como um todo ou que não trarão os resultados esperados.

Um exemplo clássico desse problema, na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, são os investimentos em softwares para a manufatura, onde apenas poucos módulos são instalados após a aquisição de um pacote completo. Outro exemplo é o de máquinas e equipamentos que ficam meses, senão anos, esperando sua instalação e ajuste. Ou ainda, equipamentos de manufatura que são adquiridos e apenas utilizados por pouquíssimo tempo porque não atendem às necessidades da empresa.

Cleland (1995) afirma que 50 a 75% das empresas por ele pesquisadas falharam na tentativa de adotar tecnologias avançadas de manufatura porque não realizaram a devida análise antes de fazer sua adoção. Ele cita o exemplo da empresa General Motors Co., que em 1985, forçada pela concorrência, adotou um número de tecnologias avançadas de manufatura. Por ter percebido diversos problemas de produção e qualidade, teve que rever tais investimentos, o que, indubitavelmente, levou-a a uma perda financeira.

A dificuldade na adoção de tecnologias avançadas de manufatura reside no fato de que os sistemas tradicionais de análises de investimentos, tais como: fluxo de caixa e retorno sobre o investimento, não é adequado para tal situação. Conforme citado por Demmel e Askin (1996), se faz necessário levar em consideração, além das formas tradicionais de análise econômicas para os fatores tangíveis, aquelas análises dos fatores intangíveis, tais como melhoria da imagem empresarial e maior flexibilidade de processos de manufatura.

Frohlich (1998) afirma que a adoção de tecnologias avançadas de manufatura é uma das tarefas de maior risco para os administradores dos dias de hoje, ele cita que para cada história de sucesso na sua adoção, existe outra meia dúzia de histórias “mais ou menos” e um ou dois desastres.

Assim tem-se a seguinte conclusão preliminar: a problemática relacionada à dificuldade no processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura possui diversas evidências na literatura, sendo que, essa dificuldade está atrelada à falta de utilização de uma metodologia mais adequada para realização da análise para esse tipo de tomada de decisão.

Pergunta de Pesquisa: qual deve ser a metodologia a ser utilizada para análise na adoção de tecnologias avançadas de manufatura de forma a minimizar as falhas decorrentes dessa adoção?

### 1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Essa pesquisa se justifica porque existem diversos casos, documentados pelos autores consultados, que mostram que o processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura falhou, ou seja, não foram alcançados os resultados esperados da adoção da AMT. Pode-se concluir que essa falha ocorreu porque não foram seguidos alguns passos importantes na análise para adoção das tecnologias avançadas de manufatura.

Outro fator principal na justificativa de tal pesquisa é que o valor investido em tecnologias avançadas de manufatura é, em geral, de grande valor, podendo trazer prejuízos significativos para as empresas que fizerem um investimento sem uma análise adequada.

Existe uma vasta literatura e muita discussão sobre as formas de análise na adoção de tecnologias avançadas de manufatura. No entanto, foi identificado um desacordo entre muitos dos autores pesquisados, os quais consideram como fatores de análise para tomada de decisão elementos econômicos, estratégicos e de mercado, porém, com pontos de vista muito diferenciados, quando não, opostos entre si. Algum exemplo dessa discórdia foi pesquisado e apresentado por Lee (1996):

*“Um grupo de autores, tais como Jaikumar (1984 e 1986), Skinner (1986), Hayes e Jaikumar (1988), Primrose (1991), argumenta que análises financeiras limitam, senão até, dificultam a análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, sendo assim, propuseram métodos que não utilizam dados econômicos para essa tomada de decisão. No entanto, o método proposto por esses autores, falhou ao ser utilizado no processo de adoção de AMTs em diversas empresas, conforme citado por Kaplan (1985), Cooper e Kaplan (1998), Primrose (1991), Cooper et al. (1992), Kaplan (1992), Woods (1992), Meyer (1994), entre outros, os quais afirmam que as análises financeiras são essenciais no processo de análise para adoção de AMTs. Um terceiro grupo de autores sustenta que a análise financeira fornece apenas uma das informações, a ser utilizada, no processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, tais como Nixon e Lonie (1992), Jones et al. (1993), Jones e Dugdale (1994), Dugdale e Jones (1995)”.*



Apesar dessa vasta literatura e mesmo que não houvesse um desacordo entre esses diversos autores, não foi identificado um trabalho que fizesse menção a uma metodologia para análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, no contexto das indústrias brasileiras, em especial aquelas do setor metalúrgico. Sendo assim, se faz necessário e é justificável que se faça essa investigação para a proposta de uma metodologia para a adoção de tecnologias avançadas de manufatura visando o contexto brasileiro.

## 1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

### 1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver uma metodologia para tomada de decisão na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura, tais como:

- *Softwares* utilizados no âmbito da realização e apoio à manufatura, como por exemplo: CAD, CAM, EDI, CNC;
- *Hardwares* e equipamentos utilizados para a manufatura, como por exemplo: Robôs de Solda, Robôs de Pintura, Solda Laser, Refletor de Imagens para Avaliação de Superfície, Sistemas Flexíveis de Manufatura;
- Novos processos físico-químicos utilizados para realização e apoio à manufatura, como por exemplo: Tratamento Térmico à Plasma, Avaliação de solda por ultra-som;

O desenvolvimento dessa dissertação tem como abrangência as indústrias metalúrgicas de grande porte, a fim de permitir uma forma de decisão mais adequada quanto o investimento em tecnologias avançadas de manufatura.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são fundamentais para formação e integração dos conceitos estruturais do trabalho proposto. Esses objetivos podem ser apresentados da seguinte forma:

1. Identificar e analisar as contribuições existentes entre os autores de trabalhos científicos sobre metodologias de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

2. Identificar a problemática em relação à dificuldade na tomada de decisão para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, no âmbito das empresas metalúrgicas e grande porte brasileiras.
3. Identificar a metodologia utilizada, nas empresas selecionadas, quanto à tomada de decisão na adoção de tecnologias avançadas de manufatura.
4. Propor uma metodologia para tomada de decisão na adoção de tecnologias avançadas de manufatura.
5. Avaliar a metodologia proposta para tomada de decisão na adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

### 1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA

A dissertação em questão tem a finalidade de servir como ferramenta prática para as empresas metalúrgicas na tomada de decisão na adoção de AMTs, dessa forma a fundamentação prática é de extrema relevância.

A dificuldade no processo de tomada de decisão para adoção de AMTs é mencionada por diversos autores. Contudo não foi identificado, dentre os autores pesquisados, nenhum estudo que traga a avaliação da situação das indústrias metalúrgicas de grande porte brasileiras. Da mesma forma não foram identificados estudos da metodologia que as empresas brasileiras estejam utilizando para essa tomada de decisão.

A metodologia utilizada para realização desse estudo está baseado em três etapas principais: a) revisão bibliográfica em relação às metodologias existentes de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura; b) pesquisa de campo preliminar para confirmação da problemática e identificação das metodologias de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura utilizadas pelas empresas pesquisadas; c) realização de uma segunda pesquisa de campo para avaliação da metodologia proposta nessa dissertação para adoção de tecnologias avançadas de manufatura. A estrutura da dissertação pode ser verificada na figura 1.1.

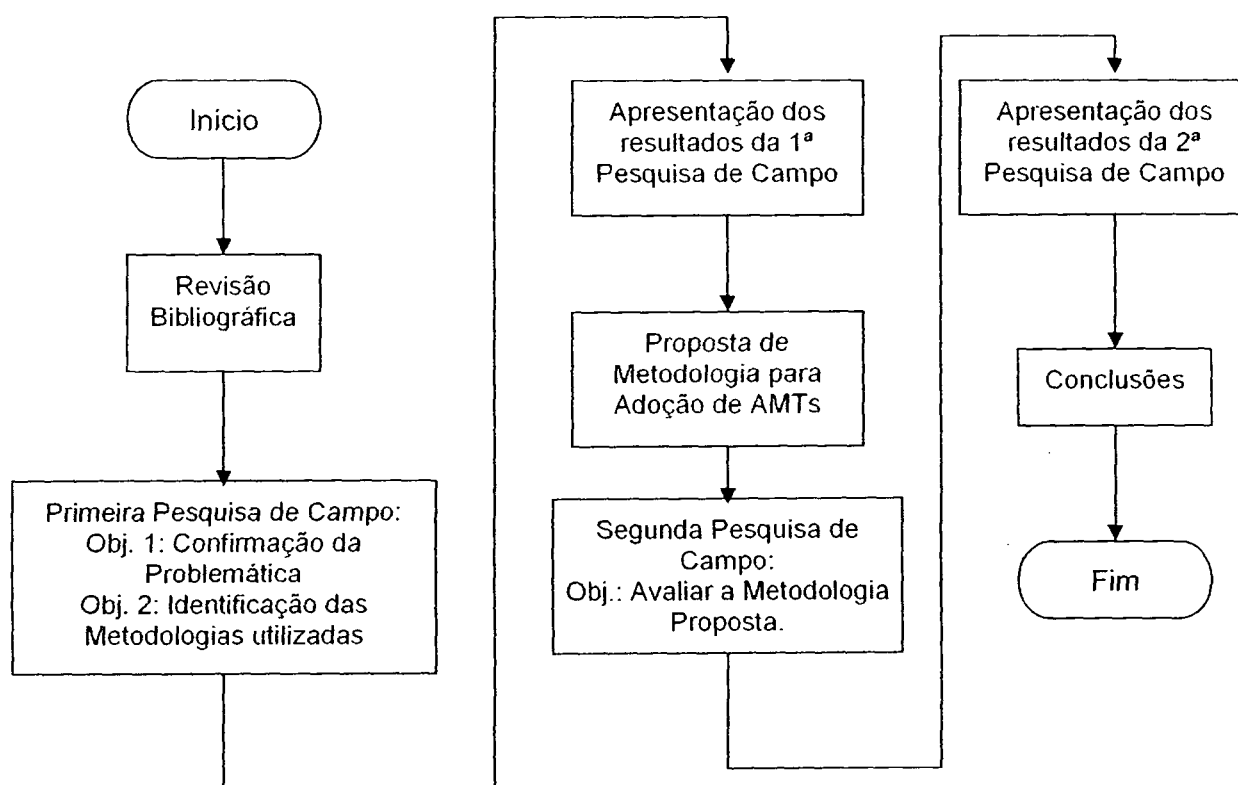


Figura 1.1 - Estrutura de Desenvolvimento do trabalho proposto

A etapa inicial do trabalho foi uma revisão da literatura disponível. Após esta etapa, realizou-se uma pesquisa de campo para confirmação da extensão da problemática, previamente mencionada na bibliografia pesquisada, relativa à dificuldade da maioria das empresas em avaliar e decidir quanto à adoção de AMTs.

Essa primeira pesquisa de campo teve um papel duplo: confirmar a autenticidade da problemática relativa à adoção de tecnologias avançadas de manufatura (AMTs) e identificar qual a metodologia que as empresas metalúrgicas de grande porte pesquisadas estão utilizando para tomada de decisão na adoção das tecnologias avançadas de manufatura.

Para realização da primeira pesquisa de campo foi utilizado um questionário estruturado (ver apêndice A), onde as empresas foram questionadas sobre as tecnologias avançadas de manufatura adotadas, o processo utilizado para adoção dessas AMTs e as dificuldades referentes ao processo de adoção.

O questionário foi formado de perguntas fechadas, onde as respostas estruturadas segundo a escala Likert, com respostas variando de grau 1 (nulo) até 5 (total). Dessa forma foi possível gerar uma tabulação das respostas e classificar cada uma delas.

Com essa primeira pesquisa de campo pode-se confirmar a problemática a ser pesquisada, ou seja, a dificuldade das empresas em realizar a adoção de tecnologias avançadas de manufatura por falta de uma metodologia mais adequada para esse fim. Aproveitando-se da utilização do questionário, foram introduzidas questões referentes ao tipo de AMTs adotadas, valor investido em AMTs e períodos de realização do investimento, informações estas, que foram muito úteis no desenvolvimento da proposta de metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

As informações da primeira pesquisa de campo foram importantes para a continuidade da pesquisa, porque possibilitaram a realização de uma comparação em relação às informações provenientes da revisão bibliográfica. Existem diversos autores que estudaram o processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura para diferentes situações, no entanto o cenário das indústrias metalúrgicas de grande porte brasileiras não foram alvo de tais estudos e essa primeira pesquisa de campo pode constatar se a forma de adoção das tecnologias avançadas de manufatura utilizaram alguns dos métodos apresentados pela literatura e se estes métodos se mostraram eficientes.

Através da análise das informações da primeira pesquisa de campo, onde foram levadas em consideração as metodologias de análise utilizadas pelas empresas pesquisadas para adoção das AMTs e identificadas quais são as limitações das metodologias utilizadas, somando-se com as informações da revisão bibliográfica, foi desenvolvida a proposta de metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura dessa dissertação.

Depois de finalizada a proposta de metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, foi realizada uma segunda pesquisa de campo, que se constituiu de uma entrevista entre o mestrando e os responsáveis pela aquisição de AMTs das empresas selecionadas, com o objetivo de avaliar a proposta de metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, segundo dados reais das empresas pesquisadas.

Essa entrevista seguiu um padrão segundo a escala Likert, onde as questões foram fechadas, com as respostas variando de grau um (nulo) até cinco (total). O objetivo foi avaliar a metodologia proposta, segundo os parâmetros previamente estabelecidos. Ou seja, buscou-se identificar se as empresas adotaram ou não as etapas que constam da metodologia proposta e os resultados alcançados com essa adoção. Comparou-se o grau de utilização da

metodologia proposta com os resultados obtidos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura para avaliação dessa proposta.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO PROPOSTO

Essa dissertação está dividida em 7 capítulos, sendo que o primeiro é aquele onde a formulação da dissertação é apresentada, a caracterização do problema, justificativa da pesquisa, a metodologia a ser utilizada e a lógica de desenvolvimento do trabalho. Também faz parte do primeiro capítulo a apresentação da abrangência da dissertação e a sequência dos capítulos.

O segundo capítulo trata da revisão bibliográfica, onde são apresentadas as pesquisas realizadas pelos autores e as dificuldades enfrentadas pelas empresas pesquisadas por esses autores, para adoção de tecnologias avançadas de manufatura. Nesse capítulo são descritas várias metodologias de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura. As metodologias, apresentadas pelos autores, trarão subsídios para formulação da metodologia proposta a ser apresentada no quarto capítulo.

O terceiro capítulo é referente à primeira pesquisa campo, o qual traz informações sobre a confirmação da problemática a que se propõem a ser pesquisada nessa dissertação e também traz informações sobre as práticas utilizadas nas indústrias pesquisadas em relação às metodologias utilizadas para adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

O quarto capítulo destina-se a apresentar a formulação da metodologia proposta para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, baseando-se nas informações do segundo capítulo (revisão bibliográfica) e terceiro capítulo (primeira pesquisa de campo), onde se considerou a contribuição dos diversos autores, além das informações coletadas de campo, visando-se propor uma metodologia que seja aplicável para a realidade das indústrias metalúrgicas de grande porte brasileiras e que possibilitem a realização de uma tomada de decisão mais acertada na adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

O quinto capítulo se destina a apresentar a segunda pesquisa de campo, trazendo os resultados da avaliação da metodologia proposta nessa dissertação.

O Sexto capítulo apresenta as conclusões da dissertação e recomendações para futuras pesquisas.

## 2 EVOLUÇÃO CONCEITUAL DAS AMTS

### 2.1 INTRODUÇÃO

As tecnologias avançadas de manufatura são fundamentais na disputa por vantagem competitiva entre as empresas de manufatura, conforme citado por Boyer et. al. (1997), Burcher e Lee (2000) e Chan et. al. (2001). O ciclo de vida dos produtos está cada vez mais curto e, segundo Drejer (2000), um desafio para as empresas modernas é adequar o desenvolvimento de novos produtos com a evolução dos sistemas produtivos, ou seja, novas tecnologias de fabricação.

Os investimentos realizados no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, em geral, estão relacionados com altos valores monetários, não apenas da aquisição da nova tecnologia, mas também em preparação do ambiente de fabricação, da mão-de-obra, peças de reposição, etc. Sendo assim, conforme citado por Burcher e Lee (2000), Kakati (1997), Karsak e Tolga (2000) e Kengpol e O'Brien e Smith (2000), um investimento realizado em AMTs, que não traga os resultados esperados, pode levar a empresa a problemas de fluxo de caixa.

Pelas pesquisas realizadas por Han (1997), as novas tecnologias de manufatura, além de serem essenciais na determinação da vantagem competitiva, possuem um papel importante na construção de elementos de gestão da empresa. As AMTs, tais como CAD, CAM, EDI, irão conduzir a empresa a novos nichos de mercado e novas classes de fornecedores, ou seja, as relações empresariais e a condução do processo de gestão empresarial possuirão uma grande influência das tecnologias avançadas de manufatura que forem adotadas pela empresa.

Outro aspecto relevante em relação às tecnologias avançadas de manufatura, é seu papel em relação aos impactos sociais. Hard e Knie (2001), chama a atenção aos problemas de desemprego, poluição, estresse, etc., que podem estar relacionados com os avanços tecnológicos, em particular, às tecnologias avançadas de manufatura.

Perante todos esses aspectos, o processo de análise para adoção de AMTs se mostra complexo. Existe uma infinidade de fatores que influenciam no desempenho das AMTs, sejam internos da empresa ou referentes ao mercado. Podem ser aspectos de ordem técnica ou

estratégica, mas se os fatores importantes não forem levados em consideração, a adoção da AMT pode ser um insucesso.

Para minimizar os insucessos no processo de adoção de AMTs, existem alguns fatores importantes que devem ser observados para a realização da análise:

1. A nova tecnologia deve ser adaptar as tecnologias existentes, conforme citado por Frohlich (1998). Para isso, fazer um levantamento das interações entre as tecnologias é um passo fundamental no processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura;

2. Qualquer tecnologia depende de seres humanos de acordo com Dalton (1998) e Cleland (1995), seja na sua instalação, programação, manutenção, monitoramento e operação. Dessa forma, os fatores humanos são vitais para o processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura. Devem ser analisadas as necessidades de investimento em capital humano e em programas de “aceitação” da tecnologia (muitos postos de trabalho podem ser extintos ou os operários não qualificados para a nova tecnologia podem se sentir ameaçados e dificultar a adoção da AMT);

3. Conforme citado por Burcher e Lee (2000), muitas empresas não caracterizam de forma coerente e clara os objetivos a serem atingidos com a adoção de tecnologias avançadas de manufatura. No entanto, essa etapa é muito importante na análise do investimento, porque se os ganhos do investimento não estiverem definidos, se tornará difícil estabelecer instrumentos de medição do desempenho da AMT;

4. Muitas empresas fazem investimento em AMTs estimuladas pela concorrência. No entanto, uma análise de mercado mais detalhada deve ser realizada, conforme citado por Chung (1991), porque se o mercado está excluindo as empresas que não oferecem a AMT desejada, a empresa não terá que realizar análises para adoção, sendo que o processo de adoção fica determinado pelo mercado;

5. Uma análise de investimentos em AMTs inclui previsões futuras. A análise de cenários futuros requer que seja realizada uma boa análise de risco, conforme detalhado por Demmel e Askin (1996);

Como pode ser observado, existem muitos fatores a serem considerados para o sucesso na adoção de tecnologias avançadas de manufatura. Esses fatores serão apresentados e discutidos no decorrer desse capítulo.

## 2.2 DEFINIÇÃO DE AMT

O conceito das tecnologias avançadas de manufatura não é novo. Porém, é importante que se estabeleça o limite da definição que será utilizada nessa dissertação.

### 2.2.1 Definições Clássicas de AMTs

Para Cleland (1995), AMTs são tecnologias de manufatura aplicadas a processos produtivos com o intuito de melhorar seu desempenho em relação à qualidade, flexibilidade e tempo de ciclo de produção (*lead time*). Sendo assim, AMTs são tratadas como investimentos em equipamentos ou programas de computador (*hardwares e softwares*).

Para Gerwin e Kolodny (1992), as AMTs podem ser classificadas em 6 grupos, conforme apresentado tabela 2.1:

Projeto do Produto ou Processo	Planejamento e Controle de Manufatura	Conversão	Manuseio	Controle de Processo	Integração
CAD	MRP	NC / CNC	AS/RS	CAI	LAN
CAE	CPM	FMC / FMS	AGVS	PC	CAD/CAM
CAPP	ES	Robôs			CIM

Tabela 2.1 - Classificação das AMTs - Gerwin e Kolodny (1992)

Gerwin e Kolodny classifica as AMTs segundo as atividades industriais. Pode-se verificar que as AMTs de “Projeto de Produto ou Processo” são basicamente *softwares* de auxílio no desenvolvimento de projetos (CAD - *Computer Aiding Manufacturing*), engenharia (CAE - *Computer Aiding Engineering*) e processos (CAPP - *Computer Aiding Planning Process*). A segunda coluna trata de *softwares* de planejamento e controle da produção, como o MRP (*Material Requirements Planning*), o qual automatiza o lançamento das ordens de compra baseado em dados de posição do estoque, tempo de ressuprimento, planejamento da produção etc., CPM (*Computer Preventive Maintenance*), que verifica o tempo de realização de manutenções preventivas dos equipamentos conforme especificações de engenharia e resultados encontrados do desgaste dos equipamentos e volume de produção e ES (*Expert Systems*), o qual é utilizado para tomada de decisão em situações, tais como, na troca de eletrodos de solda, que verificam a tendência de desgaste com o uso e analisam a vida útil restante, informando o momento da troca.



Apresenta-se, na terceira coluna, *softwares* e *hardwares* classificados como ‘conversão’, ou seja, convertem comandos em ações de manufatura, como é o caso do NC (*Numeric Control*), CNC (*Computer Numeric Control*), FMC / FMS (*Flexible Manufacturing Cell / System*) e Robôs de manufatura em geral. A quarta coluna apresenta os *hardwares* de “manuseio”, como é o caso do AS/RS (*Automatic Storage / Retrieval System*) e AGVS (*Automatic Guided Vehicle System*). A quinta coluna apresenta os *softwares* de ‘controle de processo’, que são: CAI (*Computer Aiding Inspection*) e PC (*Programmable Controllers*). A última coluna, da classificação de Gerwin e Kolodny, para as AMTs, apresenta os *softwares* de “integração”, sendo citados os exemplos: LAN (*Local Area Network*), CAD/CAM (Sistema integrado de CAD e CAM - *Computer Aiding Manufacturing*) e CIM (*Computer Integrating Manufacturing*).

A classificação de Gerwin e Kolodny (1992) complementa a definição de AMTs apresentada por Cleland (1995), onde ferramentas de gestão, treinamento, organizacionais, ergonômicas, etc., não se enquadram na definição de AMTs.

Outro exemplo da definição de AMTs como sendo *softwares* e *hardwares* utilizados para melhoria do desempenho da manufatura é dado por Chan (2001), o qual afirma que as AMTs se referem a tecnologias auxiliadas por computador para desenvolvimento, manufatura, transporte e teste; podendo classificá-las em 3 grupos principais, conforme mostrado na tabela 2.2:

Sistemas Isolados		Sistemas Intermediários		Sistemas Integrados		
Desenvolvimento (Engenharia)	Manufatura (fabricação)	Manuseio	Inspeção	Flexibilidade	Integração	Logística
CAD	NC / CNC	AS/RS	AITE	FMC / FMS	CIM	EDI
CAPP	MWL	AMHS				MRP
	Robôs					MRPII

Tabela 2.2 - Classificação das AMTs - Chan (2001)

Chan dividiu as AMTs em 3 grupos principais: Sistemas Isolados, Sistemas Intermediários e Sistemas Integrados, onde a base dessa classificação é a quantidade de informações intercambiada entre os diversos setores. Entre os exemplos de “sistemas isolados” são apresentados o CAD e CAPP, os quais apenas são utilizados pela área de engenharia e NC / CNC, MWL (*Materials Working Laser*) e Robôs, os quais são apenas utilizados pelas áreas de manufatura.

Como exemplo de “sistemas intermediários”, são citados: AS/RS, AMHS (*Automated Material Handling System*) e AITE (*Automated Inspection and Testing Equipment*), os quais integram as áreas de almoxarifado, manufatura e qualidade. A última classificação trata-se de “sistemas integrados”, entre eles: FMC / FMS, CIM, EDI (*Electronic Data Interchange*) MRP e MRPII (*Manufacturing Resources Planning*), que integram as áreas de manufatura, logística, compras, almoxarifado e engenharia.

Novamente, pode-se comprovar que as AMTs são *hardwares* e *softwares* utilizados para a melhoria da manufatura, através da aplicação direta no setor de manufatura, assim como, nos setores de apoio, como é o caso da engenharia e logística.

Outro estudioso da classificação das AMTs foi Sabourin (1999). Para ele as AMTs podem ser classificadas conforme mostrado na tabela 2.3:

Desenvolvimento e Engenharia	Processamento, Fabricação e Montagem	Manuseio Automatizado de Material	Inspeção	Comunicação	Integração e Controle
CAD / CAE	FMS	Sensores de Presença (para manufatura automatizada)	AVBS (automated vision based system)	LAN (para engenharia e manufatura)	MRP
CAD / CAM	PLC (programmable logical controllers)	AS/RS	SBS (sensors based systems)	Rede de Computadores (interno)	CIM
Modelamento e Simulação	Processamento de Materiais a Laser			Rede de Computadores (externo)	SCADA (supervision and control for acquire of data)
Envio eletrônico de Arquivos CAD	Robôs com Sensores				KBS (knowledge based system)
	RPS (rapid prototyping system)				
	HSM (high speed manufacturing)				
	NNST (near net shape technology)				

Tabela 2.3 - Classificação das AMTs - Sabourin (1999)

Ganho de Qualidade, Flexibilidade e Produtividade; essa tríade constitui os elementos das AMTs, segundo Severiano Filho (1998), onde são citados como exemplos: CAD, CAE, CAM, CAPP, CAQ, CIM, CNC, EDI, FMC, FMS, MRP, MRPII, OPT (*Optimized Production Technology*), automação e robótica.

Ngai e Cheng (2001) e Boyer (1997), citam que as tecnologias de auxílio à manufatura são divididas em duas: físicas (*hardware* e *software*) e informativas (tecnologias de gestão). As informativas (IS - *Information System*) são aquelas associadas às tecnologias de suporte ao gerenciamento da produção. Enquanto as tecnologias físicas, tratam das AMTs, tais como: CNC, FMS e robótica.

Novamente pode-se verificar que a característica de investimento em *hardware* e *software* torna-se o único foco da definição e exemplificação das AMTs. A palavra tecnologia é extremamente abrangente, poder-se-ia traduzir as AMTs como sendo quaisquer aplicações tecnológicas com o intuito de melhoria dos resultados de manufatura, no entanto, os diversos autores apresentados nessa dissertação, concordam com a delimitação das AMTs como sendo equipamentos ou programas de computador (*softwares* e *hardwares*), deixando de lado ferramentas de gestão, treinamentos, etc.

#### 2.2.2 Conclusões sobre a definição de AMT

Como se pode perceber, os autores pesquisados dividem as AMTs em duas categorias principais: *hardware* e *software*, conforme foram citados diversos exemplos. Sendo assim, para essa dissertação serão consideradas AMTs as aplicações de tecnologia com o objetivo de melhoria do processo produtivo, na forma de equipamentos (*hardware*) e programas de computador (*software*), tais como: CAD, CAE, CAM, CAPP, CAQ, CIM, CAI, NC/CNC, EDI, FMC/FMS, MRP, MRPII, AS/RS, AMHS, AITE e MWL.

Não serão consideradas AMTs as ferramentas de gestão, tais como: JIT, Kanban, Manufatura Celular, Reengenharia, TPS (*Toyota Production System* - Sistema Toyota de Produção), 5S, CEP (Controle Estatístico de Processo), CCQ (Círculo de Controle da Qualidade) e TQM (*Total Quality Management* - Gerenciamento da Qualidade Total). Tais aplicações, apesar de serem consideradas novas tecnologias e serem de utilização na melhoria do desempenho dos processos produtivos, não se enquadram na definição dos autores como sendo AMTs.

## 2.3 METODOLOGIAS DE ANÁLISE PARA ADOÇÃO DAS AMTs

### 2.3.1 Considerações iniciais

Observa-se frequentemente que, ao adotarem tecnologias avançadas de manufatura, as organizações nem sempre alcançam o resultado esperado dessa implementação sobre o desempenho previsto, Chan (2001).

O benefício potencial advindo do investimento em AMTs pode ser evidenciado nas indústrias do Reino Unido, segundo Burcher e Lee (2000). Ele fez uma pesquisa com 161 respostas de empresas de manufatura e 4 estudos de caso mais aprofundados para confirmar as expectativas em investimentos em AMTs e os resultados obtidos.

A maioria das empresas pesquisadas por Burcher e Lee (2000), utilizou ferramentas de análise econômica no processo de análise para adoção de AMTs, tais como *pay-back* (tempo de retorno) e retorno sobre o investimento (*ROI - Return on Investment*). Suas pesquisas confirmaram que essas formas de avaliar os investimentos em AMTs se mostraram ineficientes, porque os resultados esperados não foram alcançados e outras formas de avaliação se fazem necessárias.

O processo de análise para adoção de AMTs é uma tarefa árdua, porque as ferramentas de análise econômica levam a uma decisão, que na maioria das vezes, desconsidera fatores importantes no investimento em uma nova tecnologia, tais como: ganhos de qualidade, imagem empresarial e motivação da mão-de-obra direta. Carter (1992), afirma que as ferramentas de análise econômica, tais como: *pay-back* (tempo de retorno), retorno sobre o investimento (*ROI - Return on Investment*), análise de valor presente (*NPV - Net Present Value*) e taxa interna de retorno (*IRR - Internal Rate of Return*), resultam em análises pouco confiáveis.

Apesar de muitos autores alegarem que as ferramentas de análise econômica não são úteis para análise de investimentos de tecnologias avançadas de manufatura, Kim et al. (1997) afirma que algumas dessas ferramentas podem ser adaptadas para análise de investimentos em AMTs.

Pode-se afirmar que existem duas grandes correntes entre os estudiosos de metodologias de análise para adoção de AMTs, aqueles que argumentam a favor da utilização

de ferramentas de análise econômica e outros que solicitam a utilização de métodos mais abrangentes, considerando fatores tangíveis e intangíveis (monetários, táticos e estratégicos), onde a análise econômica faria parte integrante de uma análise mais geral.

Entre os autores que realizaram pesquisas sobre a utilização de ferramentas de análise econômica para análise de adoção de AMTs, podemos citar Lee (1996). O autor realizou uma pesquisa em 21 empresas que adotaram o sistema FMS, utilizando ferramentas de análise econômica para análise de investimentos, com resultados satisfatórios.

No entanto, Lee (1996) ressalta que a análise de investimentos em AMTs, através de ferramentas de análise econômica, não trará um resultado confiável se essa análise for realizada somente nos ganhos particulares do investimento (aumento da produtividade, diminuição de inventário, etc.), porque deve haver uma visão mais abrangente dos ganhos dentro de toda a organização (correlação entre os ganhos particulares e os efeitos em outros setores da empresa) e o impacto sobre o mercado (impacto financeiro do investimento em relação aos efeitos sobre o mercado).

Lee (1996) considera que o levantamento de informações para tomada de decisão no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura parte, primordialmente, de duas fontes: contadores e especialistas (engenheiros). Quando a análise se baseia em dados contábeis, o resultado poder ser totalmente diferente daquele dos especialistas. A tomada de decisão deve variar grandemente dependendo da fonte dos dados; não que haja falhas nos levantamentos, porém o foco de análise é diferente, sendo que o primeiro se baseia em históricos contábeis e o segundo em projeções financeiras.

Muitas empresas tentam justificar os investimentos em AMTs pela diminuição de custos com mão-de-obra direta, no entanto, conforme citado por Kim et al. (1997), os custos relacionados com mão-de-obra direta representam algo em torno de 5% a 15% dos custos de investimentos em AMTs, o que prejudica o efeito positivo da tomada pela sua adoção.

Uma forma de analisar os investimentos em AMTs é através de modelamento, seja matemático ou computacional. O modelamento de custos, conforme apresentado por Lenz e Neitzel (1995), através de equações matemáticas, pode ser utilizado para avaliar investimentos em AMTs, no entanto é preciso tomar alguns cuidados na formação do modelo, porque muitos fatores são difíceis de mensurar.

Vários autores, entre eles Carter (1992), Krunglianskas (1991), Chan (2001), Chung (1991), Hauser e Katz (1998), Leung (1992) e Kim et. al. (1997), chamam a atenção sobre uma falha grave na análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura: os métodos tradicionais de análise fazem uma comparação entre a situação atual e aquela projetada após a realização do investimento. Esse é um erro primário, porque o não investimento em AMTs trará uma nova realidade para a empresa, nesse caso, a análise que deveria ser feita é comparar a projeção “com” o investimento e a projeção “sem” o investimento.

### 2.3.2 Metodologias Clássicas para Análise na Adoção de AMTs

No decorrer desse capítulo serão apresentadas e comentadas algumas metodologias clássicas para análise na adoção de tecnologias avançadas de manufatura. As metodologias podem ser divididas em 4 tipos de análise, conforme apresentado na tabela 2.4:

1. Análise Integrada	2. Análise de Risco	3. Análise por Simulação	4. Análise de Fatores Isolados
1.1 MEEA	2.1 MADM	3.1 Simulação Monte-Carlo	4.1 P&D
1.2 CIPM	2.2 AHP		4.2 Análise de Mercado
	2.3 Hurwicz		4.3 Metas e Controle
	2.4 Análise Multi-objetiva		4.4 Aspectos Humanos
	2.5 Análise Fuzzy		4.5 Aspectos Culturais

Tabela 2.4 - Metodologias Clássicas de Análise para Adoção de AMTs

Cada uma dessas metodologias possui seus pontos fortes e fracos, conforme será comentado no decorrer desse capítulo.

### 2.3.3 ANÁLISE INTEGRADA

A análise integrada contempla as metodologias que possuem aspectos econômicos, estratégicos e analíticos durante o processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

### 2.3.3.1 Metodologia Estratégica, Econômica e Analítica (MEEA)

Segundo Chan (2001), no mundo competitivo em que vivemos nos dias de hoje, o investimento em AMTs se faz necessário para se conseguir vantagem competitiva. Alguns fatores, no entanto, inibem o sucesso da adoção de AMTs, por exemplo: dificuldade de análise de investimentos em AMTs, natureza inconsistente de gestão das organizações, nível insuficiente de confiança nas novas tecnologias, falta de clareza no cenário financeiro, comportamento dos competidores e tempo insuficiente para estabelecer medidas de performance e realização de *benchmark*.

Para dificultar ainda mais o cenário dos investimentos em AMTs, a análise de *pay-back* desses investimentos, geralmente, demonstra um tempo de retorno superior aquele esperado pelos gestores. Não apenas a análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura é difícil de ser realizada, pelas indústrias pesquisadas por Chan (2001), mas também, a implementação dessas novas tecnologias, porque a falta de experiência das empresas pesquisadas, em relação à adoção de novas tecnologias, faz com que as AMTs sejam subtilizadas, aumentando os custos do investimento.

Para o investimento em AMTs deve-se tomar cuidado com a questão do *benchmark*, porque os benefícios advindos da aplicação de uma nova tecnologia irão depender de muitos fatores, tais como: nível de “intimidade” dos operadores com novas tecnologias, *lay-out* da empresa, ferramentas de apoio, condições de operação, etc., sendo assim, fazer uma projeção de benefícios com o investimento em AMTs baseando-se nos resultados encontrados pelos concorrentes pode ser um grande erro.

A metodologia para o processo de análise na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, MEEA, desenvolvido por Chan (2001), apresenta três formas básicas de análise: Método da Avaliação Estratégica, Método da Avaliação Econômica e Método da Avaliação Analítica, conforme mostrado na figura 2.1:

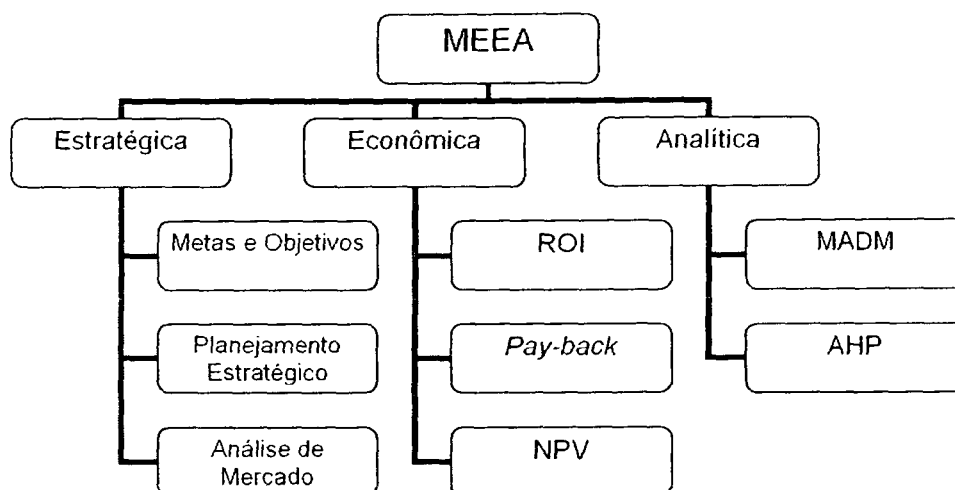


Figura 2.1 - MEEA - Chan (2001)

Deve-se levar em consideração que, apesar da dificuldade em avaliar o investimento em AMTs, muitos gestores apenas consideram a análise financeira do investimento, deixando de lado a questão do impacto estratégico relativo a esse investimento. Os investimentos em AMTs, pelo contrário do que a maioria dos gestores interpreta, possui um impacto estratégico considerável, levando-se em consideração o tempo de entrada de novos produtos no mercado, habilidade de fornecer produtos de acordo com os requisitos específicos de consumidores, flexibilidade de melhoramento do projeto, etc.

A etapa de planejamento estratégico considera a evolução da empresa no longo prazo, observando os aspectos do negócio e da tecnologia a ser empregada. Uma etapa crucial na adoção de AMTs, segundo Chan (2001) é a identificação das metas e dos objetivos estratégicos da empresa. Dependendo de sua meta e objetivo, cada empresa deverá percorrer diferentes processos na adoção de AMTs. Para facilitar a identificação dessa metas e objetivos, a empresa deve fazer os seguintes questionamentos: Quais são as metas estratégicas da empresa? Quais os problemas enfrentados com o atual sistema de produção? A nova tecnologia avançada de manufatura irá ajudar a empresa a alcançar suas metas estratégicas? Quais os produtos que serão produzidos agora e no futuro? Qual será a estratégia tecnológica da empresa no futuro próximo?



A justificativa para análise de investimentos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, segundo o método da análise estratégica, estudada por Chan (2001) pode ser realizada de acordo com a importância técnica da nova tecnologia, os objetivos da empresa e as vantagens competitivas decorrentes desse investimento.

A justificativa, segundo o método da análise econômica, pode ser realizada em conjunto com o método da análise estratégica. Existem diversos métodos conhecidos de análise econômica: *pay-back*, retorno sobre o investimento (ROI), taxa interna de retorno (IRR), valor presente líquido (NPV), entre outros. É conhecido da literatura pertinente que esses métodos podem levar a uma conclusão errada na análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, porque não consideram fatores não-mensuráveis financeiramente. No entanto, se esses métodos forem utilizados em conjunto com o método de análise estratégica, podem ser de grande auxílio.

A terceira e última forma de justificativa de investimento, citado por Chan (2001) é o método da técnica analítica (análise de risco). Esse método é quantitativo e muito mais complexo do que o método de análise econômica. Apesar de sua grande complexidade e consequente demora em fornecer um resultado, esse é o método mais confiável na análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, porque considera os fatores intangíveis de forma mais realista e considera a ponderação dos fatores de forma a facilitar a tomada de decisão pela gerência. Entre as ferramentas de análise pode-se citar: MADM e AHP.

#### 2.3.3.2 Sistema de Medição de Performance Comparativa-Integrada (CIPM)

O sistema de medição de performance comparativa-integrada (*Comparative-integrated performance measurement system - CIPM*), foi desenvolvido por Kim et al. (1997) com o intuito de facilitar a análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, escapando das armadilhas das análises econômicas isoladas e análises estratégicas ou de mercado que focam em apenas alguns itens que devem ser analisados. A proposta dessa metodologia é fazer um apanhado geral dos benefícios potenciais da AMT, de tal forma que não sejam deixados de lado fatores importantes de análise.

O método consiste em quatro etapas:

- Identificar atividades importantes na manufatura;

- Identificar atividades que agregam valor;
  - Fazer uma análise de pareto para identificar a atividade que pode gerar maior redução de custos;
  - Desmembrar a atividade de maior potencial de redução de custos (identificada na etapa anterior) em micro atividades;
  - Procurar alternativas (AMTs) para implantar na redução de custo das atividades identificadas;
1. Medir múltiplas performances para cada atividade;
    - A medição de múltiplas performances pode ser realizada utilizando-se diversos métodos de análises, tais como MADM E AHP.
  2. Avaliar a performance comparativa-integrada;
  3. Tomar ações apropriadas para melhoria de cada atividade

As etapas do método CIPM podem ser visualizadas na figura 2.2:

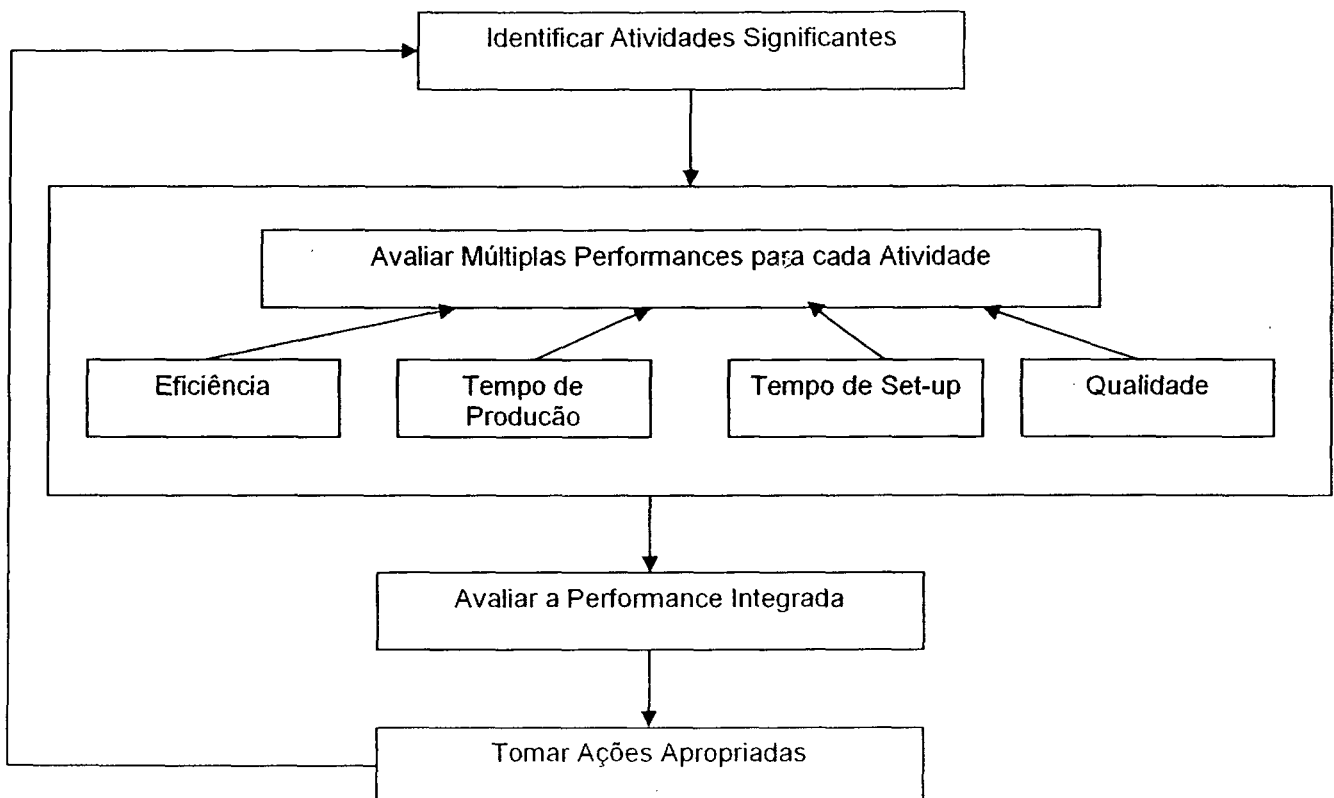


Figura 2.2 - Método de Análise Comparativa-Integrada - Kim et al. (1997)

A vantagem do método CIPM é que é muito mais simples do que outros métodos que envolvem análises de mercado ou equações matemáticas de difícil acesso ou que levam muito tempo para seu levantamento, no entanto, fica um pouco pobre por não levar em consideração aspectos humanos e o impacto em outras tecnologias que podem ser integradas na empresa, por ficar isolado em apenas uma das aplicações.

#### 2.3.3.3 Conclusões sobre a análise integrada

A metodologia apresentada por Chan (2001), intitulada de Metodologia Estratégica, Econômica e Analítica (MEEA) apresenta diversos pontos fortes, principalmente por se tratar de uma visão holística do processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, levando em consideração aspectos diversos. No entanto, não considera fatores de mercado e fatores humanos (culturais e sociais), conforme será apresentado na sequência desse capítulo.

A metodologia apresentada por Kim et al. (1997), intitulada de Sistema de Medição de Performance Comparativa-Integrada (CIPM) é menos abrangente que a metodologia MEEA, no entanto enfatiza um papel importante da AMT que são os resultados da adoção, trazendo informações valiosas do processo de justificativa do investimento.

#### 2.3.4 ANÁLISE DE RISCO

A análise de investimentos em AMTs deve passar, de maneira obrigatória, por uma análise de riscos, conforme citado por Abdel-Kader e Dugdale (2001). Qualquer forma de avaliação, seja ela econômica, estratégica, tática ou organizacional, deve prever futuros resultados. A análise futura em um investimento requer a formulação de cenários, os quais são subjetivos e podem variar de acordo com a experiência e capacidade dos especialistas envolvidos em tal tipo de análise.

Chama-se análise de risco aquela que faz uma avaliação de projeções futuras de investimentos, baseando-se em julgamentos de pessoas com conhecimentos específicos relativos aos aspectos relevantes (mercado, concorrência, ambiente interno, etc.) referentes ao investimento que se pretende realizar.

#### 2.3.4.1 Modelo de Decisão de Multivariáveis (MADM)

O modelo de análise MADM - *Multiattribute Decision Model* (modelo de decisão de multivariáveis) leva em consideração tanto os fatores tangíveis (ganhos financeiros mensuráveis), quanto os intangíveis (ganhos não mensuráveis financeiramente, tais como, aumento da flexibilidade e qualidade).

Conforme apresentado por Carter (1992) e Kim et al. (1997), o método consiste em formar uma lista com as informações relevantes para a tomada de decisão no investimento. Nessa lista devem estar presentes as análises econômicas, tais como, *Pay-back* e ROI (*Return on Investment*- Retorno sobre o investimento) e também, os fatores intangíveis que podem ser alcançados com o investimento, por exemplo, redução da complexidade da manufatura, redução do número de vezes que uma peça tem que ser manuseada ou deslocada, melhoria da imagem da empresa e facilidade de acompanhamento da produção pelo gestor.

O próximo passo do método, consiste em dar pesos para os fatores listados. Esses pesos devem somar 100 (ver tabela 2.5), cada um dos fatores deve possuir uma classificação, que pode ser: 0 - caso o fator analisado piore com a projeção futura; 1 - caso o fator analisado se mantenha da mesma forma na projeção futura; 2 - caso o fator analisado melhore com a projeção futura.

Além dos pesos e das classificações, os fatores devem possuir um grau de confiabilidade, por exemplo: o investimento em uma determinada AMT irá trazer um ganho de produtividade, nesse caso a classificação é 2. A chance de que haja uma melhora da produtividade é de 80%, nesse caso, o grau de confiabilidade é de 0,8. Após definidos os fatores, os pesos, as classificações e as confiabilidades, faz-se o escore de cada item e a comparação entre as possibilidades de se investir ou não, conforme mostrado na tabela 2.5, abaixo.

Modelo de Decisão de Multivariáveis (MADM - <i>Multiattribute Decision Model</i> )														
Fatores	Tecnologia Existente							Nova Tecnologia						
	Peso		Classif.		Confiab.		Escore	Peso		Classif.		Confiab.		Escore
<u>Quantitativos Financeiros</u>														
Valor Presente Líquido	15	x	2	x	0,8	=	24	15	x	0	x	0,6	=	0
Payback	15	x	2	x	0,9	=	27	15	x	0	x	0,9	=	0
<u>Quantitativos Não-Financeiros</u>														
Redução de Complexidade	10	x	1	x	1,0	=	10	10	x	2	x	0,9	=	18
Melhoria da Qualidade	30	x	1	x	1,0	=	30	30	x	2	x	0,9	=	54
<u>Não-Quantitativos</u>														
Imagem da Empresa	15	x	1	x	0,8	=	12	15	x	2	x	0,9	=	27
Flexibilidade de Design	15	x	1	x	1,0	=	15	15	x	2	x	0,9	=	27
Soma dos Pesos	100													
Escore composto para a nova tecnologia													126	
Escore composto para a tecnologia existente													118	
Vantagem do investimento													8	

Tabela 2.5 - Modelo de Decisão de Multivariáveis - Carter (1992)

Com esse modelo de decisão (para o exemplo utilizado), pode-se dizer que é mais vantajoso realizar o investimento nas tecnologias avançadas de manufatura, porque existe uma pequena vantagem ao utilizar o modelo de decisão de multivariáveis.

#### 2.3.4.2 Processo Hierárquico de Análise (AHP)

O método AHP (*Analytical Hierarchy Process* - Processo Hierárquico de Análise) é o mais explorado da literatura na avaliação para adoção de AMTs. Seu principal objetivo é realizar uma análise de risco do investimento, utilizando dados econômicos e analíticos para realização da avaliação.

O AHP, segundo Carter (1992) é um método derivado do MADM, sendo mais rigoroso e versátil. O ponto fundamental desse método, conforme Leung (1992) é assegurar a consistência dos pesos relacionados aos fatores utilizados na análise de investimento. Por exemplo, se a redução de defeitos é julgada ser duas vezes mais importante do que o tempo de resposta ao cliente e este último ser três vezes mais importante do que a flexibilidade do *design*, então, a redução de defeitos deve ser seis vezes mais importante do que a flexibilidade do *design*, conforme apresentado por Punniyamoorthy (2003).

O método AHP poderá relacionar os critérios que envolvem os fatores: pessoal, atributo e período em forma de hierarquia. A comparação dos critérios é realizada em forma

de par (normalmente atributo e alternativa) utilizando uma escala que indica o quanto um elemento é dominante em relação ao outro. Para facilitar a comparação das alternativas, a relação de dominação é traduzida em pesos (escores), conforme apresentado na tabela 2.6, abaixo:

Se a alternativa x é ....do que a alternativa y	A escala de preferência é:
tão importante/preferível	1
um pouco mais importante/preferível	3
mais importante/preferível	5
muito mais importante/preferível	7
extremamente mais importante/preferível	9

Tabela 2.6 - Grau de preferência entre dois elementos - Yusuff (2001)

Valores intermediários de preferência (ou grau de importância) podem ser utilizados. Os passos a serem seguidos para implementação do método AHP, segundo Yusuff (2001), são:

1. Determinação da importância relativa dos atributos e sub-atributos;
2. Classificação relativa à importância de cada alternativa em relação a cada atributo e sub-atributo;
3. Determinação da prioridade (peso) de cada alternativa;
4. Determinação da consistência do indicador

Para facilitar a compreensão do método AHP, será apresentada uma aplicação realizada por Yusuff et. al. (2001), na seleção entre duas alternativas (x e y). O peso de cada alternativa é calculado através da multiplicação da prioridade (escore) de cada elemento analisado ( $P_i$ ) pela avaliação julgada pelos especialistas ( $K_i$ ). Sendo assim, o resultado da análise será dado pela equação apresentada na figura 2.3, abaixo:

$$\sum P_i K_i$$

Figura 2.3 - Resultado da avaliação AHP - Yusuff (2001)

Para ilustrar a aplicação do método AHP, foram utilizadas sete atributos a serem analisados para implementação da AMT, conforme mostra a tabela 2.7, abaixo:

Atributos	Nomenclatura do Atributo
Comprometimento do fornecedor do sistema	F1
Facilidade de operação	F2

Robustez do novo sistema	F3
Alinhamento com os objetivos da empresa	F4
Integração com os sistemas existentes na empresa	F5
Interface “amigável” do novo sistema	F6
Comprometimento dos usuários do novo sistema	F7

Tabela 2.7 - Atributos para Avaliação da AMT - Yusuff (2001)

A prioridade dos atributos, realizada pelos especialistas da empresa, resultou na seguinte classificação:  $F1 = F4 < F2 = F5 > F6 = F7 > F3$ .

Utilizando os pesos apresentados na tabela 2.5, foi desenvolvida a matriz de prioridades entre os atributos, conforme mostra a tabela 2.8, abaixo:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1	2	5	1	2	3	3
F2	1/2	1	3	1/2	1	3/2	3/2
F3	1/5	1/3	1	1/5	1/3	1/2	1/2
F4	1	2	5	1	2	3	3
F5	1/2	1	3	1/2	1	3/2	3/2
F6	1/3	2/3	2	1/3	2/3	1	1
F7	1/3	2/3	2	1/3	2/3	1	1
Total	3,867	7,667	21,0	3,867	7,667	11,25	11,25

Tabela 2.8 - Matriz de Prioridades dos Atributos - Yusuff (2001)

A matriz normalizada das prioridades é obtida dividindo-se cada elemento pela soma dos pesos relativos, conforme mostra a tabela 2.9, abaixo:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	Soma	Média
F1	0,259	0,261	0,2381	0,259	0,261	0,261	0,261	1,799	0,256975
F2	0,129	0,130	0,1429	0,129	0,130	0,130	0,130	0,923	0,131889
F3	0,052	0,043	0,0476	0,052	0,043	0,043	0,043	0,325	0,046425
F4	0,259	0,261	0,2381	0,259	0,261	0,261	0,261	1,799	0,256975
F5	0,129	0,130	0,1429	0,129	0,130	0,130	0,130	0,923	0,131889
F6	0,086	0,087	0,0952	0,086	0,087	0,087	0,087	0,615	0,087925
F7	0,086	0,087	0,0952	0,086	0,087	0,087	0,087	0,615	0,087925
Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabela 2.9 - Matriz Normalizada de Prioridades dos Atributos - Yusuff (2001)

A média dos pesos (escore) da matriz normaliza é considerada como sendo o peso aproximado de cada atributo, ou seja:  $F1=0,257$ ;  $F2=0,132$ ;  $F3=0,046$ ;  $F4=0,257$ ;  $F5=0,132$ ;  $F6=0,132$  e  $F7=0,088$ . A possibilidade de sucesso na adoção da AMT será maior, tanto quanto, for maior o peso de cada atributo (escore). O peso relativo de cada atributo será a

medida do sucesso ou falha na adoção da AMT, sendo que escores altos demonstram que o atributo é mais presente na organização.

Para estabelecer uma prioridade entre as alternativas, será utilizada a escala apresentada na tabela 2.10, abaixo:

Alternativa	Taxa
Extremamente boa	5
Boa	3
Média	1
Fraca	1/3
Extremamente Fraca	1/5

Tabela 2.10 - Prioridade entre as alternativas - Yusuff (2001)

Uma taxa entre 3 e 5 significa que a chance de sucesso na implementação da AMT é alta. Para ilustrar a utilização das taxas de avaliação das alternativas, apresenta-se o resultado para o atributo F1, conforme a tabela 2.11, abaixo:

Avaliação da Alta Gerência			Matriz Normalizada			
	Sucesso	Falha	Sucesso	Falha	Soma	Média
Sucesso	1	3	$1/1,333 = 0,75$	$3/4 = 0,75$	1,5	0,75
Falha	1/3	1	$(1/3)/1,333 = 0,25$	$1/4 = 0,25$	0,5	0,25
Total	1,333	4	1	1	2	1

Tabela 2.11 - Avaliação da Alternativa F1 - Yusuff (2001)

O resumo do resultado da avaliação, de cada uma das alternativas, pode ser verificado na tabela 2.12, abaixo:

		Sucesso	Falha	Escore da Prioridade	Resultado
F1	Sucesso	1	3	0,75	Boa
	Falha	1/3	1	0,25	
F2	Sucesso	1	3	0,75	Boa
	Falha	1/3	1	0,25	
F3	Sucesso	1	1/5	0,167	Fraca
	Falha	5	1	0,833	
F4	Sucesso	1	1	0,5	Média
	Falha	1	1	0,5	
F5	Sucesso	1	5	0,833	Extremamente Boa
	Falha	1/5	1	0,167	
F6	Sucesso	1	3	0,75	Boa
	Falha	1/3	1	0,25	
F7	Sucesso	41	5	0,833	Extremamente Boa
	Falha	1/5	1	0,167	

Tabela 2.12 - Resumo da Avaliação das Alternativas - Yusuff (2001)

Para realizar a análise final através do método AHP foi montada a tabela 2.13, onde as prioridades dos atributos da tabela 2.9 e a avaliação das alternativas da tabela 2.12 são colocadas em conjunto, conforme mostrado abaixo:



	Atributos							Resultado	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7		
Prioridade	0,257	0,132	0,046	0,257	0,132	0,088	0,088		
Sucesso	0,75	0,75	0,167	0,5	0,083	0,75	0,833		0,677
Falha	0,25	0,25	0,833	0,5	0,167	0,25	0,167		0,323
								Total	1

Tabela 2.13 - Análise Final do Método AHP - Yusuff (2001)

O resultado final da análise através do método AHP é obtido pelo somatório do produto das prioridades pelo pela avaliação:  $(0,75 \times 0,257) + (0,75 \times 0,132) + (0,167 \times 0,046) + (0,5 \times 0,257) + (0,083 \times 0,132) + (0,75 \times 0,088) + (0,833 \times 0,088) = 0,677$ .

Como se pode perceber, no exemplo dado pelo autor, a chance de sucesso na adoção da AMT em questão é duas vezes maior do que a chance de insucesso.

O método AHP é muito útil e prático de ser utilizado, no entanto, não pode ser isolado de outras análises, tais como as culturais e de mercado.

#### 2.3.4.3 Princípio de Hurwicz

Princípio de Hurwicz: muitas decisões de investimento em AMTs trazem a necessidade de realização de previsões futuras. O grau de incerteza nessas previsões podem afetar consideravelmente o resultado da análise. O Princípio de Hurwicz leva em consideração o peso dessa incerteza, conforme mostrado na tabela 2.14.

#### Princípio de Hurwicz (valores em milhões)

	O que aconteceria se a nova tecnologia provar ser:		80% de Pessimismo	20% de Otimismo	Valor da Decisão
	Bem Sucedida	Mal Sucedida	(a)	(b)	(c) = (a) + (b)
Deve-se adotar a nova tecnologia?					
Sim	(2,0)	(1,0)	(1,6)	(0,2)	(1,8)
Não	(5,0)	0	(4,0)	0	(4,0)

Tabela 2.14 - Princípio de Hurwicz - Carter (1992)

Considerando no exemplo da tabela um investimento da ordem de 2 milhões para uma empresa que possui um capital de 5 milhões para investimento. Esse método de análise de investimento deve ser conduzida por um grupo de pessoas que possuam um certo grau de conhecimento dos riscos em se investir na tecnologia em pauta. Esse grupo deve estabelecer

os graus de otimismo e pessimismo da análise. No exemplo da tabela 2.2, a opção deve ser realizar o investimento na nova tecnologia, haja visto, que a perda será menor (1,8 milhões, contra 4,0 milhões caso se opte por não realizar o investimento).

#### 2.3.4.4 Análise Multi-objetiva

Dentre as formas de análise de risco existe a Avaliação Multiobjetiva, apresentada por Demmel e Askin (1996), na qual os elementos a sofrerem análise de risco são classificados em ordem de grandeza, conforme resumido na tabela 2.15:

<b>Objetivo / Atributo</b>	<b>Elementos</b>
<b>Estratégicas</b>	
Relações Internas	Moral, desenvolvimento e qualificação da mão-de-obra, compensações, absenteísmo
Posição no Mercado	Participação de Mercado, avaliação da concorrência, penetração de mercado, capacidade de sobrevivência, vulnerabilidade, demanda
Missão	Atendimento do Planejamento, evolução, foco da fábrica
Organização	Controle, responsabilidade, informação gerencial
Relações Públicas	Imagem da companhia, prestígio da empresa, serviços
Tecnologia	Informações científicas, posição tecnológica, avaliação
<b>Táticas</b>	
Projeto	Eficiência, tempo de processo, normalização
Flexibilidade	Versatilidade, respostas à mudança, tamanho do lote, tempo de processo
Integração	Comunicação, redução de duplicações, sinergia, requisitos para dados, uso dos dados
Material	Controle de processo, controle de chão de fábrica, expedição, manuseio, planejamento
Pessoal	Habilidades requisitadas, treinamento, segurança, fatores humanos
Produtividade	Consistência, compatibilidade, confiabilidade, capacidade, interface externa
<b>Financeiras</b>	
Operação e Manutenção	Operação, tarefas de manutenção, custos diretos e indiretos, absenteísmo, treinamento, supervisão, horas extras, tempo de preparação, ferramentas para manutenção, taxas de produção, documentação, rotinas, controle de chão de fábrica
Equipamentos da Planta	Equipamentos, start-up, instalações, ferramental, peças de reposição, energia, espaço, equipamentos de segurança, desenvolvimento de equipamentos, desenvolvimento de softwares, depreciação
Produto	Mudanças de projeto, inventário, qualidade, engenharia, vendas

Tabela 2.15 - Análise de Risco segundo a Avaliação Multiobjetiva - Demmel e Askin (1996)

Para o modelo apresentado, a taxa de risco é calculada como a expectativa de perda incorrida pela decisão tomada. O objetivo é minimizar a perda da decisão tomada através da diminuição de perda de cada um dos objetivos particulares. A análise de risco utilizando a Avaliação Multiobjetiva analisa quatro parâmetros básicos: fluxo de caixa, fluxos

qualitativos, duração de projeto e taxas de interesse. Se a distribuição das perdas é conhecida, a decisão a ser avaliada poder ser comparada parcialmente através da utilização dos parâmetros que definem a distribuição (média e variância).

Fluxos de caixa futuros são estimados baseando-se na experiência passada do especialista que fará a projeção, assim como, na análise de mercado. De forma similar, os fluxos qualitativos resultantes de uma alternativa particular, também são estimados baseados na experiência.

Para a estimativa da taxa de interesse, Demmel e Askin (1996), citam a importância de conhecer o histórico de taxa de interesse para cada tipo de indústria e conhecer a variação dessa taxa com o passar dos anos.

A tempo de projeto, também não é conhecido ao certo. Dessa forma esse tempo deve ser considerado como uma variável aleatória. Cada uma dessas variáveis aleatórias possuem um impacto na estimativa do NPV, tornando esses valores, também, variáveis aleatórias.

O resultado da avaliação de risco é uma distribuição da avaliação de cada objetivo e uma avaliação de score para cada alternativa. A Avaliação Multiobjetiva apresentada por Demmel e Askin (1996) foi testada no caso da empresa Huges Aircraft Company de Tucson, Arizona, Estados Unidos.

Essa empresa possuía um programa de qualidade que passava por um problema na área de testes e inspeção; foram propostas três alternativas para melhoria dessa área: manter a operação atual, melhoria do sistema atual e compra de um sistema totalmente novo. Foi desenvolvido um software baseado no modelo matemático apresentado pelos autores, chamado de “Programa de Avaliação de Risco para Sistemas com Tecnologias Avançadas de Manufatura” e o resultado final do trabalho levou a conclusão de que a alternativa que apresentava menor risco era aquela de realizar melhorias no sistema atual da empresa.

Para realização da análise o autor utilizou um modelo matemático, o qual não será tratado nessa dissertação

#### 2.3.4.5 Análise de Risco Fuzzy

Outra forma de avaliação de risco é utilizando o método da Teoria Fuzzy de Abdel-Kader e Dugdale (2001). O autor deixa claro que a medição de risco não deve ser conduzida

de forma a avaliar apenas riscos financeiros. Através de pesquisas realizadas pelo autor foram identificadas duas dimensões de risco principais a serem consideradas na avaliação para o investimento em AMTs, conforme esquematizado na figura 2.3 abaixo:

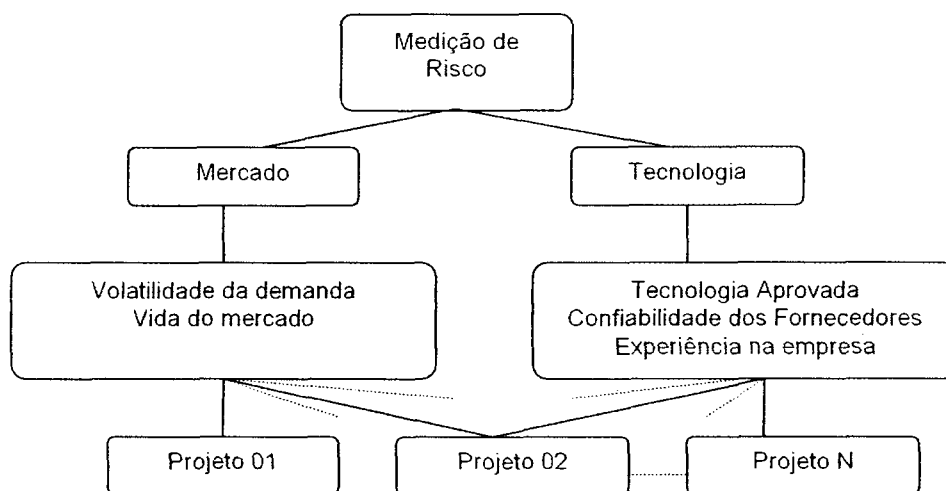


Figura 2.3 - Hierarquia de Medição de Risco - Abdel-Kader e Dugdale (2001)

A análise de risco segundo a teoria fuzzy utiliza as dimensões: Mercado e Tecnologia. Na análise de risco de mercado são considerados a volatilidade do mercado e o tempo de vida do mercado. Na análise de risco da tecnologia são considerados os aspectos de aprovação da tecnologia (se a tecnologia a ser utilizada já está madura o suficiente), confiabilidade dos fornecedores e experiência na empresa (se existe um histórico na empresa de utilização do tipo de tecnologia a ser adotada).

Para realização da análise o autor utilizou o princípio matemático da teoria fuzzy, o qual não será tratado nessa dissertação.

#### 2.3.4.6 Conclusões sobre a análise de risco

Foram apresentadas 5 ferramentas de análise de risco: 1. Modelo de Decisão de Multivariáveis (MADM - *Multiattribute Decision Model*) por Carter (1992) e Kim et al. (1997). 2. Processo Hierárquico de Análise (AHP - *Analytical Hierarchy Process*) por Carter (1992), Leung (1992), Punniyamoorthy (2003) e Yusuff et al. (2001). 3. Princípio de Hurwicz, por Carter (1992). 4. Análise Multi-objetiva, por Demmel e Askin (1996). 5. Análise de Risco Fuzzy por Abdel-Kader e Dugdale (2001).

Todas essas ferramentas de análise de risco, utilizadas como metodologias de análise para investimento em AMTs são úteis na avaliação que se propõem, no entanto, são pobres se utilizadas isoladamente de outras análises, tais como as estratégicas e táticas, haja visto, que esse tipo de análise está mais voltada para o impacto técnico resultante da adoção das tecnologias avançadas de manufatura. Não são considerados aspectos humanos e sociais nesse tipo de análise.

Porém existe uma diferenciação entre os métodos de análise de risco, no que tange sua aplicabilidade e confiabilidade. Conforme citado por Yusuff (2001), Punniyamoorthy (2003), Chan (2001) e Abdel-Kader e Dugdale (2001), o método de análise de risco mais confiável é o AHP (*Analytical Hierarchy Process*), não apenas por sua estrutura hierárquica de processo de decisão, mas por considerar os pesos das opiniões dos envolvidos e realizar análise de confiabilidade das respostas.

O método AHP será considerado na metodologia proposta, conforme poderá ser observado na Capítulo 04.

### 2.3.5 ANÁLISE POR SIMULAÇÃO

Os modelos matemáticos permitem que se faça uma simulação de projetos. Se o investimento em AMTs for considerado um projeto, pode-se projetar, através de modelos matemáticos, os resultados da aplicação desse projeto na empresa. Com a utilização da simulação é possível verificar se o processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura será bem sucedido.

#### 2.3.5.1 Método de Simulação Monte Carlo

A avaliação de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, através do método de simulação Monte Carlo<sup>2</sup>, foi desenvolvida pelo departamento de Economia da Universidade de Roterdã e a apresentada por Moerman (1998). O método consiste em fazer uma previsão de cenário levando em consideração três aspectos: monetário, temporal e de risco.

---

<sup>2</sup> O método de simulação intitulado Monte Carlo é um modelo matemático que utiliza cálculo numérico para realizar a simulação de cenários através de cálculo de variáveis aplicadas no modelo. A construção do modelo é realizada através de fatores tais como: juros de mercado, previsão de demanda, inovação tecnológica, fluxo de caixa, taxa de retorno, *pay-back* e retorno sobre o investimento (ROI).

Esses três aspectos são analisados através de simulação e análise estatística, considerando as extensões da tecnologia, produto e mercado (TPM). A primeira etapa consiste de uma análise estratégica, através do método de pontos fortes/fracos - oportunidades/ameaças (*strength/weakness - opportunity/threat - SWOT*). A segunda etapa trata da classificação das preferências, ou seja, em relação aos aspectos TPM, quais são as metas e estimativas traçadas para o investimento a ser realizado. A última etapa do método, trata da realização da simulação e tratamento estatístico dos resultados, nessa fase, é importante que os cenários traçados sejam feitos com base em experiências e conhecimentos específicos do mercado, pois são de extrema importância para um bom resultado da simulação.

Moerman (1988), utilizou o método Monte Carlo na simulação de investimento em FMS. A empresa estudada possuía 3 possibilidades:

- Alternativa 1 (A1): Manter a linha da forma que estava estruturada;
- Alternativa 2 (A2): Aplicação de FMS em toda a linha de produção;
- Alternativa 3 (A3): Aplicação de FMS em partes da linha de produção;

Essas 3 alternativas foram introduzidas em um sistema de simulação da seguinte forma: introdução em uma planilha de cálculos, de todos os valores referentes ao investimento, com sua respectiva taxa de interesse e flutuações de mercado estipuladas pelos especialistas da empresa, para o melhor e pior caso estabelecido. No exemplo estudado pelo autor, a simulação foi realizada para uma sequência de 7 anos (1987 a 1994). Com as estimativas estabelecidas, para a melhor e pior situação, são feitas avaliações de cenário para os anos seguintes, considerando diversos valores entre o melhor e pior caso. Uma quantidade boa de simulações, conforme citado pelo autor, é em torno de 100 cenários.

Com os cenários montados, são realizadas análises estatísticas de probabilidade, as quais irão fornecer subsídio para uma tomada de decisão mais acertada.

Esse método é muito prático e fácil de ser utilizado. Contudo, sua confiabilidade está muito ligada com experiência dos especialistas que irão definir os valores estimados, quanto mais acertada for sua projeção, mais precisa e correta será a simulação.

Para realização da análise o autor utilizou a construção de um modelo de simulação, o qual não será tratado nessa dissertação.

### 2.3.5.2 Conclusões sobre a análise por simulação

A metodologia de análise, através do processo de simulação pode ser extremamente confiável se as variáveis puderem variar dentro de curvas de histórico conhecidas ou razoavelmente bem determinadas através de processos de análise de mercado ou outra ferramentas de prospecção.

No entanto, no mercado brasileiro, onde a inflação, taxa de juros e outros fatores econômicos são dúvidas constantes para o mercado, utilizar processos de simulação acrescenta um risco extra na metodologia de análise.

O método de simulação Monte Carlo, apresentado por Moerman (1998), é muito consistente, principalmente porque considera os cenários “com” e “sem” o investimento em tecnologias avançadas de manufatura, no entanto, não serão utilizados métodos de simulação na metodologia proposta nessa dissertação, pela sua dificuldade de aplicação e falta de confiabilidade nos índices financeiros e de mercado projetados para a situação real brasileira.

### 2.3.6 ANÁLISE DE FATORES ISOLADOS

Até o momento foram apresentadas diversas metodologias para análise na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, algumas mais abrangentes, tais como MEEA e CIPM, outras mais focalizadas como MADM e AHP. No entanto, a análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura é muito complexa, necessitando que outros fatores sejam considerados no processo de análise. Esses fatores são tratados de forma isolada nas análises apresentadas no decorrer desse capítulo.

#### 2.3.6.1 Abordagem de Pesquisa e Desenvolvimento

A Abordagem de Pesquisa e Desenvolvimento (*The R&D Approach*) é um método de análise que consiste em considerar a análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura como sendo um projeto de pesquisa e desenvolvimento, conforme apresentado por Carter (1992). O primeiro passo é estudar, simular e estimar os benefícios esperados com a nova tecnologia. A segunda etapa é procurar diminuir os custos do projeto de forma que fiquem menores que os benefícios. Existem duas formas de realizar tal análise: uma delas é através do método de “visão global da empresa”, a outra pelo método de “bases multifuncionais”.

Através do método da visão global, uma etapa do processo que será beneficiada pela nova tecnologia será tratada através dos ganhos pelos processos adjacentes, ou seja, o ganho de toda a linha de produção é levado em consideração depois de realizada a análise de apenas uma das operações para todos os produtos nela manufaturados. No método das bases multifuncionais, considera-se o benefício de aplicar a nova tecnologia em todas as etapas de produção para um único produto e depois se expande a análise para os outros produtos fabricados na mesma linha de produção.

A pesquisa e desenvolvimento nas empresas passam por dois aspectos: inovação de produtos e de processos. Empresas com maior enfoque em tecnologia, tais como informática, robótica e biotecnologia, tendem a enfatizar os recursos de P&D no aperfeiçoamento de produtos, enquanto as empresas mais tradicionais, como automobilística e siderúrgica, investem mais em aperfeiçoamentos de processos, conforme citado por Krunglianskas (1991).

#### 2.3.6.2 Análise de Mercado

Quando se fala em tecnologias avançadas de manufatura, não se pode deixar de pensar em automação, no entanto, a busca da automação, pura e simples, muitas vezes leva a empresa a uma situação desfavorável frente à concorrência e resulta em cenários diferentes daqueles traçados no momento do investimento. Um desses cenários desfavoráveis, conforme apresentado por Choudhury (1995) é a perda de flexibilidade devido ao alto grau de automação. O mesmo exemplo pode ser mostrado com o que ocorreu na Fiat, que havia decidido investir maciçamente em automação mas teve como resultado uma grande perda de flexibilidade, conforme citado por Camuffo e Volpato (1997).

A tomada de decisão na adoção de AMTs não se pode constituir apenas em análises simples de ganhos financeiros, mesmo porque essa é uma decisão estratégica para a empresa. Chung (1991) chama a atenção para o fato de muitas empresas tomarem a decisão na adoção de tecnologias avançadas de manufatura baseadas na pressão pela diminuição de custos, aumento da flexibilidade e qualidade ou porque a concorrência direta tomou a direção do investimento, sem que haja uma plena ciência da alta administração dos riscos e necessidades inerentes a tal investimento.

Cada tipo de empresa enfrenta diferentes desafios na adoção de AMTs, esse acontecimento reside no fato de que cada setor ou mercado reage de diferentes formas a



implementações de melhorias. Uma pesquisa realizada pela Associação de Automação Industrial de Singapura, mostrada por Chung (1991), demonstrou que apesar da grande maioria das empresas pesquisadas achar essencial para a sobrevivência no futuro de seus mercados a adoção de AMTs, sua utilização é muito baixa.

Um dos fatores para esse resultado, conforme observado por Chung (1991), foi a dificuldade apresentada pelas empresas em quantificar as vantagens percebidas pelos clientes após a adoção das tecnologias avançadas de manufatura. Essas incertezas foram sintetizadas pelo autor em quatro categorias:

1. O valor agregado do investimento nem sempre é percebido pela alta administração;
2. Produtos com melhores atributos nem sempre são mais aceitos pelos consumidores se a melhoria nos produtos não ficar evidente;
3. O investimento em AMTs traz algumas vantagens porém, também traz desvantagens (como insatisfação da força de trabalho que possa vir a ser substituída);
4. As necessidades de melhoria são constantes, havendo a necessidade de grande esforço na identificação das prioridades de investimento.

Investimentos em AMTs requerem que se enfrente diversos “*trade-off*” (opções decisórias), isso significa que a empresa deve estar preparada para decidir quanto à adoção levando em consideração muitos riscos inerentes a esse tipo de investimento. As mudanças tecnológicas são rápidas e constantes, desse modo, as AMTs oferecem um alto risco e uma necessidade constante de conhecimento do mercado, dos desejos dos consumidores e do cenário da empresa (desafios internos que devem ser vencidos para a adoção de uma nova tecnologia). Para Chung (1991) a adoção de AMTs não é apenas um investimento para ganhos de vantagem competitiva com a melhoria dos produtos e processos, mas uma filosofia empresarial.

Enquanto valores econômicos são importantes para a operação e estratégia da empresa, a capacidade tecnológica é crítica para o mercado e o poder industrial. Chung (1991) afirma que a capacidade tecnológica das empresas é a combinação da utilização apropriada das tecnologias avançadas de manufatura e das inovações, porque as tecnologias se tornam constantemente obsoletas e as inovações continuamente superadas. Dessa forma, investimentos em AMTs devem ser compatíveis com a estratégia da empresa, a qual deve

estar preparada para os desafios presentes e futuros da companhia. A figura 2.4 ilustra a relação entre a estratégia da empresa, o cenário do mercado e a tomada de decisão em AMTs.

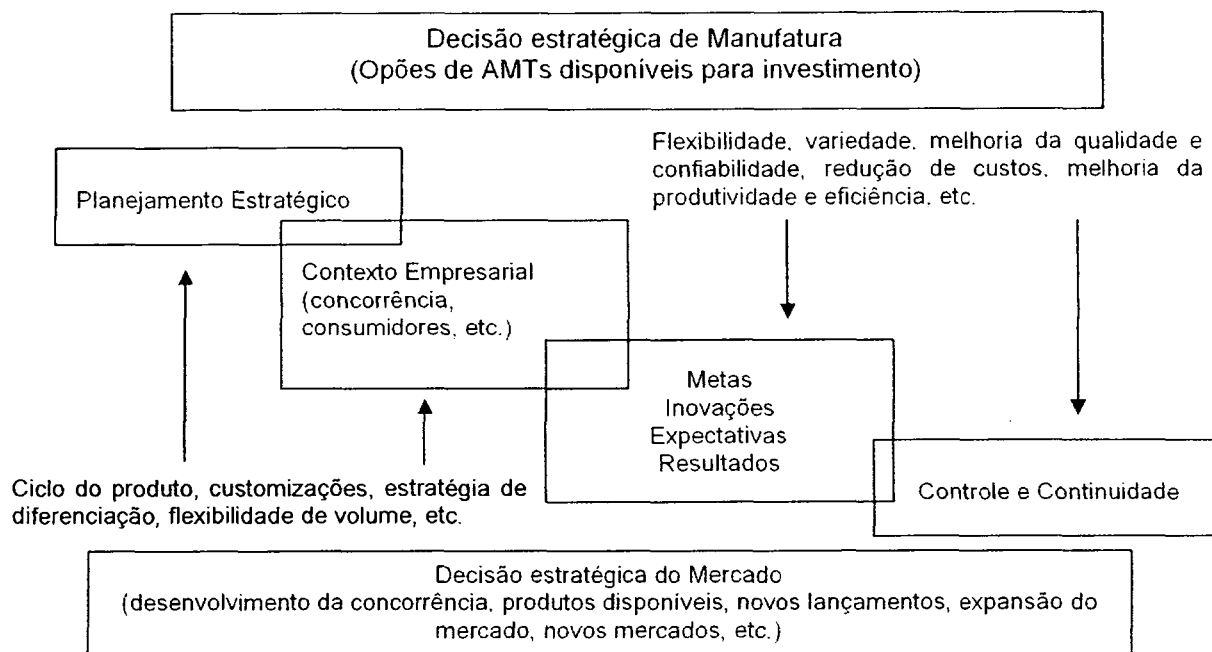


Figura 2.4 - Análise de Mercado - Chung (1991)

### 2.3.6.3 Estabelecimento de Metas e Controle de Resultados

Quando se pensa em investimentos em AMTs, logo se procura estabelecer ganhos que possam advir de tal investimento. Hauser e Katz (1998) enfatizam a necessidade de estabelecimento de metas e formas de medição de resultados para a realização de qualquer investimento.

O simples estabelecimento de metas proporciona à empresa focar suas ações na realização de tais metas e as ações dos diversos setores podem ficar focadas na realização do objetivo. As metas podem ser de caráter mensurável (redução de custos, aumento da produtividade, *market share*, aumento das vendas, redução do absenteísmo, etc.) ou não mensurável (satisfação da mão-de-obra, facilidade do controle gerencial, melhoria da imagem empresarial, aumento da flexibilidade, etc.).

No entanto, muitas empresas pecam na escolha das metas a serem estabelecidas, Hauser e Katz (1998) citam um exemplo, onde uma empresa de cartões de crédito estabeleceu a meta de entregar cartões com plásticos isentos de bolhas e vincos, no entanto, após uma

pesquisa mais detalhada com os clientes, percebeu-se que eles não notavam tal aspecto, desde que, as tarjas magnéticas estivessem funcionando adequadamente. Esse exemplo mostra o quão pode ser delicada a tarefa de estabelecimento de metas, porque se forem mal estabelecidas, os esforços dos funcionários e gerência estarão direcionados em um rumo que não trará um resultado geral positivo para a empresa.

A implantação de uma AMT sem que se estabeleçam metas compromete o resultado final do investimento. Além do estabelecimento das metas, é importante que se estabeleçam formas de medição dos resultados. Metas que não possam ser medidas não serão consideradas pelos funcionários; nesse caso, mesmo para objetivos não mensuráveis, é preciso que se estabeleça uma forma de medição, seja através de objetivos secundários ou de objetivos substitutos, por exemplo, na medição da flexibilidade, pode-se fazer a medição do tempo de *set-up* para a troca de modelos a serem produzidos, o qual é um objetivo secundário ou no caso de satisfação da mão-de-obra, através do índice de absenteísmo, o que é um objetivo substituto.

#### 2.3.6.4 Aspectos Humanos

Quando se levam em consideração os riscos relativos à adoção de tecnologias avançadas de manufatura, não se pode deixar de considerar os aspectos humanos desse investimento. Muitas das AMTs resultam na diminuição de postos de trabalho e na necessidade de especialização dos funcionários. Esses aspectos podem gerar desconfiança por parte dos operadores e consequente falta de colaboração no momento da implementação da nova tecnologia.

Segundo dados levantados por Cleland (1995), 50 a 75% dos esforços na adoção de AMTs falham porque não consideram os efeitos dos aspectos humanos. O estudo dos aspectos humanos na implementação de tecnologias (HITI - *Human Issues in Technology Implementation*) levaram o autor a uma classificação de cinco aspectos relacionados a esses aspectos (humanos) na adoção de AMTs: Abordagem Filosófica, Planejamento e Implementação, Aspectos dos Funcionários, Aspectos Organizacionais e Medição do Sucesso da Implementação.

A abordagem filosófica, segundo Cleland (1995) pode se dividida em dois princípios básicos:

1. Abordagem Tecnocêntrica: visa aumentar a confiabilidade dos sistemas de produção em detrimento das habilidades e capacidade de participação criativa da força de trabalho dos funcionários produtivos. Essa abordagem pode ser melhor visualizada, conforme apresentado por Cleland (1995):

*“- Seres humanos são imprevisíveis e componentes não confiáveis do processo de manufatura;*

*- Sistemas de manufatura devem ser desenvolvidos para minimizar a necessidade de intervenção humana;*

*- Sistemas de manufatura devem ser controlados por computador de forma a fornecer respostas rápidas e flexíveis à demanda do mercado.”*

2. Princípio da Abordagem Humana como Centro da Capacidade Produtiva (HIM - *Human-Integrated Manufacturing*): coloca as ferramentas e tecnologias associadas à manufatura como meios para sucesso do sistema produtivo; Cleland (1995) resume esse princípio da seguinte forma:

*“- Os operadores são aceitos como possuidores de habilidades e o desenvolvimento dessas habilidades deve ser encorajada;*

*- Os operadores são auxiliados pela tecnologia e possuem a liberdade de controlá-la;*

*- Os operadores possuem diversas habilidades e fazer a divisão dessas habilidades deve ser desencorajada;*

*- Comunicação e interação entre operadores devem ser encorajadas;”*

O processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura passa pelo planejamento, análises econômicas e estratégicas, projeto da implementação e execução. O processo de planejamento e análise falha justamente no aspecto relacionado à quantificação do fator humano. Segundo Cleland (1995) essas etapas devem considerar tanto os aspectos técnicos quanto aqueles humanos, porque os efeitos sobre a força de trabalho são críticas no sucesso da adoção da AMT.

Os operadores podem criar uma resistência à implementação de uma AMT a tal ponto que possa tornar inviável a sua adoção. Uma das formas de diminuir o impacto negativo que possa haver na implantação de tecnologias avançadas de manufatura se faz através da participação interativa dos operadores nos processos de projeto e decisão na adoção. Cleland

(1995) sugere que um líder dos operadores seja eleito e participe de algumas das decisões do projeto de adoção, como aquelas relativas ao treinamento, comunicação, etc.

A valorização da força de trabalho na busca de melhores resultados para a adoção de inovações no processo produtivo foi estudado por Dalton (1998) em três estudos de caso, onde após um intenso trabalho de conscientização e valorização da opinião dos operadores facilitou muito a adoção de tecnologias avançadas de manufatura. Um dos exemplos é o caso da Motorola, citado pelo autor, onde a força de trabalho era recompensada, caso apresentassem zero defeito após 5 dias seguidos de resultado igual a zero defeito. Com esse estímulo o índice de defeitos caiu em 77%.

#### 2.3.6.5 Aspectos Culturais na aplicação de novas tecnologias

A implantação de novas tecnologias em geral e em particular de tecnologias avançadas de manufatura, traz consequências de dimensão cultural, ou seja, as pessoas da sociedade são afetadas, de maneira positiva e negativa, pela utilização de novas máquinas, equipamentos e *softwares*. Autores como Hard e Knie (2001) e Jamison (2001), chamam a atenção do efeito da aplicação de novas tecnologias na vida dos seres humanos utilizando o paralelo da evolução da indústria automobilística; desde a máquina a vapor, até os carros elétricos. Os efeitos das novas tecnologias podem ser verificados na formação das cidades, no nível de poluição, na formação profissional da sociedade, na conservação do meio ambiente, etc.

O nível cultural dos consumidores e a pressão da concorrência, forçam as empresas a analisarem o papel social dos investimentos em novas tecnologias, sendo assim, análises de investimentos em AMTs não devem desconsiderar essa fator tão importante.

Entre os fatores culturais a serem considerados, deve-se prestar especial atenção à questão da empregabilidade, conforme citado por Harrison (1994). A aplicação em larga escala de AMTs tornou as empresas tão flexíveis e enxutas a tal ponto de grande parte da força de trabalho não ser mais necessária e funcionários que trabalhavam com empregos de período integral, passaram a trabalhar em tempo parcial, ou como prestadores de serviço.

Essas informações vêm mostrar um lado obscuro da implantação de novas tecnologias avançadas de manufatura: a falta de necessidade de uso de mão-de-obra. No entanto, grande parte do trabalho da mão-de-obra direta passa a ser realizada de forma menos desumana, no que tange aspectos como ergonomia e utilização da capacidade racional das pessoas. Mesmo

assim, o impacto direto da aplicação das AMTs pode trazer um efeito negativo na imagem da empresa, o que pode afetar diretamente os objetivos do novo investimento.

Trata-se de uma decisão estratégica, pois o investimento em AMTs se faz necessário para a sobrevivência das empresas, conforme citado por Gerwin e Kolodny (1992), Goldratt e Fox (1989), Chan (2001), mas, por outro lado, pode afetar negativamente a empresa no aspecto da imagem empresarial, devido à necessidade de enxugamento da mão-de-obra.

#### 2.3.6.6 Conclusões sobre a análise de fatores isolados

Foram apresentadas as metodologias de Abordagem de Pesquisa e desenvolvimento por Carter (1992) e Krunglianskas (1991). A análise de Mercado, por Chung (1991). O Estabelecimento de Metas e Controle de Resultados, por Hauser e Katz (1998). Os aspectos Humanos, por Cleland (1995) e Dalton (1998). Aspectos Culturais na aplicação de novas tecnologias, por Hard e Knie (2001), Jamison (2001) e Harrison (1994).

Esses aspectos isolados do processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura devem ser utilizados de forma integrada com as outras metodologias propostas. Isoladamente elas fornecem um cenário muito restrito dos aspectos em relação à adoção, no entanto, esses cenários, se combinados com outros mostrados por outras metodologias, são extremamente úteis na elaboração de uma visão mais completa dos desafios e fatores a serem decididos no processo de análise para tomada de decisão.

## 2.4 ANÁLISE DA FILOSOFIA EMPRESARIAL

Uma das maneiras mais clássicas de emprego de AMTs no ambiente de sistemas produtivos se faz através de aplicação da automação. Fujimoto (1997) salienta que a aplicação da automação deve ser considerada através da ótica da estratégia empresarial. Os diversos tipos de indústria possuem suas particularidades no que concerne às suas estratégias de negócio, sendo algumas voltadas mais para tecnologias de baixo custo ao contrário de outras, que buscam a vantagem pelo diferencial da tecnologia de ponta. Para esses diversos tipos de empresa, com suas respectivas estratégias empresariais para a automação, o autor criou a seguinte classificação, conforme a figura 2.5:

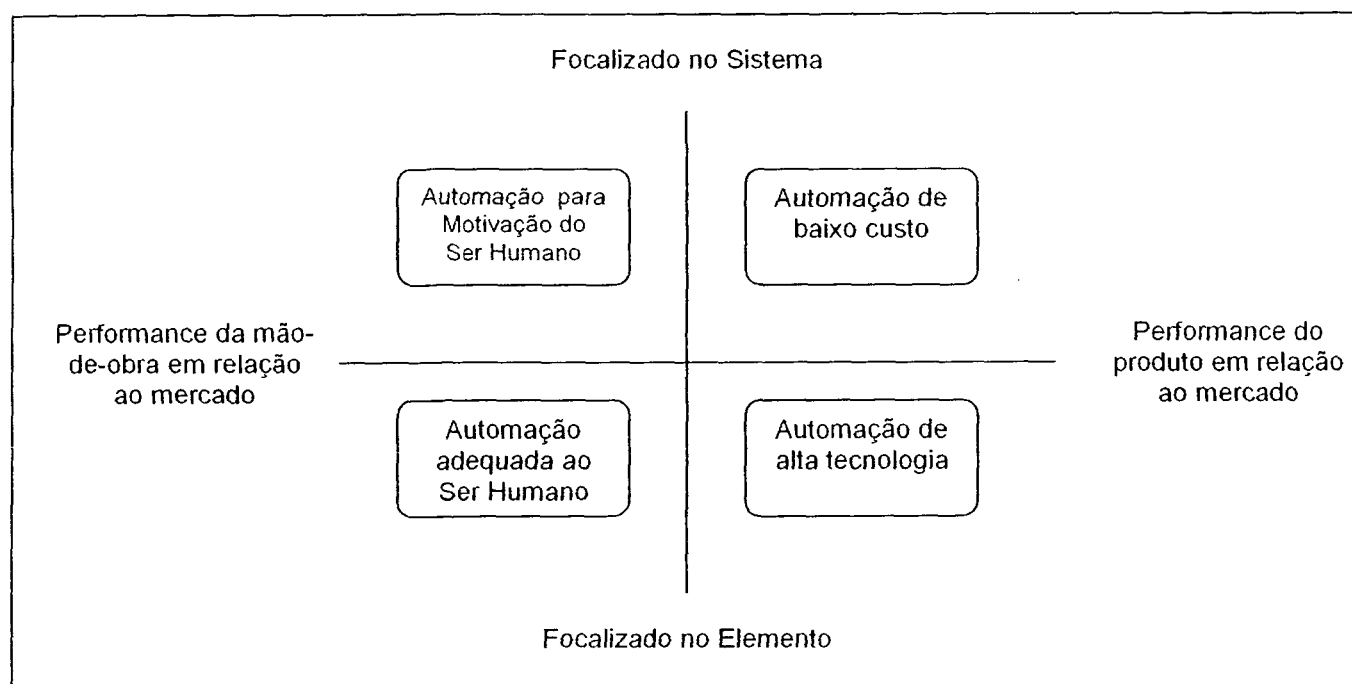


Figura 2.5 - Estratégias de Automação - Fujimoto (1997)

Conforme a figura 2.5, Fujimoto (1997) identificou quatro formas básicas de posicionamento estratégico em relação à automação:

1. **Estratégia de Automação de Alta Tecnologia:** essa abordagem está focada em melhorias tecnológicas em equipamentos individuais de automação. Espera-se que esse tipo de investimento irá trazer resultados positivos em performances, tais como qualidade e custos.
2. **Estratégia de Automação de Baixo Custo:** essa abordagem privilegia a performance total do sistema a ser adotado em detrimento a ganhos circunstanciais ou isolados, nesse caso, os resultados buscados são observados em um conjunto de tecnologias a serem adquiridas.
3. **Estratégia de Automação Adequada ao Ser Humano:** essa abordagem tem por objetivo deixar os postos de trabalho mais atrativos para a adequação do ser humano no ambiente de trabalho, ou seja, as automações são preferenciais nas tarefas de difícil execução ou que possam causar danos à saúde dos operadores.
4. **Estratégia de Automação para Motivação do Ser Humano:** essa abordagem visa a satisfação do ser humano na realização de tarefas que não seja repetitivas e maçantes, ou seja,

procura desvincular-se da filosofia de Taylor<sup>3</sup> e desenvolver atividades que tragam melhores utilizações do potencial de cada ser humano.

Essas diversas abordagens tecnológicas vão de encontro com as necessidades de investimento em AMTs, Goldratt e Fox (1989) destaca a importância da implementação de tecnologias avançadas de manufatura para o ganho de vantagem competitiva. O autor apresenta um estudo de ganhos de mercado para diversas empresas que investiram em novas tecnologias de processo de produção.

Para a metodologia proposta nessa dissertação, serão consideradas empresas aptas para utilizar o método proposto aquelas classificadas, segundo a classificação de Fujimoto (1997), como: Automação de Alta Tecnologia e Automação de Baixo Custo.

As empresas classificadas como Automação Adequada ao Ser Humano e Automação para Motivação do Ser Humano serão desencorajadas para a utilização da metodologia proposta, porque não possuem a filosofia empresarial adequada para realizar investimentos em tecnologias avançadas de manufatura.

## 2.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Pode-se observar que existem diversas alternativas de processo de análise na tomada de decisão para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, as quais remetem a diversas ferramentas e metodologias de análise, entre elas: análise integrada, de mercado, econômica, humana e de risco.

O objetivo principal desse capítulo foi realizar a revisão bibliográfica de forma mais aprofundada possível sobre as metodologias propostas pelos mais variados autores e apresentar seus pontos fortes, fracos e sua aplicabilidade.

A análise integrada apresentada por Chan (2001) se mostra ser a mais confiável entre as metodologias estudadas, principalmente por conter informações estratégicas, táticas e técnicas. A análise integrada pode ser complementada pela análise de mercado, apresentada por Chung (1991) e pelos aspectos sociais e culturais, apresentados por Hard e Knie (2001), Jamison (2001) e Cleland (1995).

---

<sup>3</sup> Taylor é considerado pai da administração científica e realizou diversos estudos dos benefícios da divisão de trabalho, desencadeando um processo que perdura até os dias de hoje.



O resumo da análise das metodologias propostas pode ser verificado na tabela 2.16, abaixo:

Classificação	Metodologia	Pontos Positivos	Pontos Negativos
<b>Análise Integrada</b>	MEEA	- Abrangência - Facilidade de Aplicação	- Não considera fatores de Mercado - Não considera fatores Culturais e Sociais
	CIPM	- Abrangência - Facilidade de Aplicação - Simplicidade na coleta dos dados	- Não considera fatores de Mercado - Não considera fatores Culturais e Sociais
<b>Análise de Risco</b>	MADM	- Facilidade de Aplicação - Simplicidade na coleta dos dados	- Consistência do resultado - Não considera fatores Culturais, Sociais, de Mercado e Estratégicos
	AHP	- Consistência dos Dados	- Formulação da estrutura complexa na primeira utilização
	Hurwicz	- Facilidade de Aplicação - Simplicidade na coleta dos dados	- Útil apenas como ferramenta de apoio a uma outra metodologia mais completa
	Multi-objetiva	- Facilidade de Aplicação - Simplicidade na coleta dos dados	- Não considera fatores de Mercado - Não considera fatores Culturais e Sociais
	Fuzzy	- Muito útil em mercados com grande variação de fatores de mercado (juros, inflação, etc.)	- Dificuldade na construção da metodologia
<b>Análise por Simulação</b>	Monte-Carlo	- Muito útil em mercados com pouca variação de fatores de mercado (juros, inflação, etc.)	- Dificuldade na construção da metodologia - Não pode ser utilizado na realidade do mercado brasileiro

<b>Análise de Fatores Isolados</b>	Pesquisa e Desenvolvimento	- Muito útil para tecnologias a serem adotadas sem necessidade de retorno imediato do investimento	- Restrito para aplicações de pesquisa e desenvolvimento
	Análise de Mercado	- Muito útil para análise de influência do mercado no processo de análise	- Útil apenas como ferramenta de apoio a uma outra metodologia mais completa
	Metas e Controle	- Muito útil para análise de influência das metas e controle dos resultados no processo de análise	
	Aspectos Humanos	- Muito útil para análise de influência dos aspectos humanos no processo de análise	
	Aspectos Culturais	- Muito útil para análise de influência dos aspectos culturais no processo de análise	

Tabela 2.16 – Metodologias para Análise na Adoção de AMTs

Além da análise das metodologias apresentadas por diversos atores, foi analisada na parte 2.4 desse Capítulo a análise da filosofia empresarial que será utilizada como análise dos fatores limitantes para utilização da metodologia que será proposta no Capítulo 04.

Com base nessas informações, será apresentada no capítulo 04 a proposta de metodologia dessa dissertação, onde o processo análise para adoção de AMTs irá procurar ser de fácil aplicação e com um resultado confiável.

### **3 1ª PESQUISA DE CAMPO: CONFIRMAÇÃO DA PROBLEMÁTICA**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

No capítulo 02 foram apresentadas diversas metodologias de análise de investimentos para adoção de tecnologias avançadas de manufatura. A grande maioria dos autores consultados justificou a necessidade de se estabelecer uma metodologia mais segura de análise para esse tipo de investimento porque os métodos tradicionais de análise não possuem confiabilidade suficiente para um julgamento correto na tomada de decisão.

Com o intuito de propor uma ferramenta de uso prático e que seja útil para as empresas metalúrgicas de grande porte brasileiras, foi realizada uma pesquisa de campo, envolvendo cinco empresas metalúrgicas de grande porte, para confirmar a problemática apresentada pelos autores estudados e identificar as dificuldades e metodologias utilizadas pelas empresas atualmente.

Essa pesquisa de campo consistiu de um questionário estruturado (vide Apêndice A), onde foram realizadas perguntas voltadas para a exploração das seguintes questões:

- Parte A: Identificação do entrevistado
- Parte B: Cadastro da empresa e identificação dos investimentos realizados em AMTs (valores investidos e ano do investimento)
- Parte C: Identificação da importância das AMTs para o negócio da empresa
- Parte D: Identificação dos métodos de avaliação econômica das AMTs utilizados pelas empresas
- Parte E: Identificação do impacto das AMTs sobre a qualidade dos produtos da empresa e alguns aspectos de custo da qualidade (refugo e retrabalho)
- Parte F: Identificação do impacto das AMTs sobre a flexibilidade dos sistemas produtivos das empresas
- Parte G: Identificação dos fatores decisivos na adoção de AMTs para as empresas pesquisadas

A formulação do questionário foi realizada procurando identificar, basicamente, a importância das AMTs para as empresas e a forma de avaliação utilizada na adoção das AMTs. As partes A e B trazem informações sobre o entrevistado e sobre a empresa, principalmente sobre os investimentos realizados em AMTs, os quais serão muito úteis para análise da importância das metodologias segundo as características da empresa (aquelas mais

voltadas para tecnologias de processo em relação àquelas que fazem poucos investimentos em AMTs).

As partes C a G procuram identificar os aspectos analisados pelas empresas na adoção de AMTs, onde foi induzida a resposta de alguns fatores que serão considerados na proposta de metodologia (a ser apresentada no Capítulo 04).

### 3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA E RESULTADOS

Essa pesquisa foi realizada através de questionário estruturado, com perguntas fechadas e respostas com escalas que variam de 1 a 5 (escala Likert), da seguinte forma:

- 1 = Nula (sem relacionamento ou sem importância para a empresa)
- 2 = Baixa (pouco relacionamento ou pouca importância para a empresa)
- 3 = Média (relacionamento moderado ou importância moderada para a empresa)
- 4 = Alta (relacionamento alto ou alta importância para a empresa)
- 5 = Total (totalmente relacionado ou totalmente importante para a empresa)

O questionário foi enviado a 15 empresas metalúrgicas de grande porte, sendo que houve cinco respostas consideradas válidas (taxa de retorno de 33%).

Para fins de apresentação dos resultados, as empresas pesquisadas serão nomeadas como empresa A, B, C, D e E. As respostas foram tabuladas e os dados estão apresentados em forma de escore.

Para a etapa de avaliação da metodologia, que será apresentada no Capítulo 05, serão descartadas as empresas enquadradas como “Automação para Motivação do Ser Humano” e “Automação Adequada ao Ser Humano”, conforme classificação de Fujimoto (1997).

#### 3.2.1 RESULTADOS DA EMPRESA A

A empresa A é de grande porte, do ramo automobilístico, com mais de 1000 funcionários e um faturamento superior a 10 milhões de reais em 2003. Essa empresa tem uma forte tendência pelo investimento em novas tecnologias de processo, nesse caso pode ser enquadrada como “Automação de Alta Tecnologia”, conforme a classificação de Fujimoto (1997). Essa empresa faz investimentos pesados em tecnologias avançadas de manufatura e sofre forte influência da matriz para realização dos investimentos. No entanto, possui certa autonomia no processo de análise de investimentos para adoção das AMTs.

A empresa A considera que a adoção de AMTs é muito importante para a sobrevivência da empresa, principalmente pela influência da concorrência, a qual, no ramo automobilístico, direciona os investimentos para as melhorias das características dos produtos e da forte concorrência em melhorias de processo que garantam melhor confiabilidade do produto e baixem os custos de fabricação.

O questionário da pesquisa de campo enviado para a empresa A foi respondido pelo engenheiro responsável pela especificação técnica de AMTs adquiridos na área de armação de carroceria. O questionário foi respondido baseando-se em um investimento recente, na ordem de 1 milhão de reais, para a atividade de avaliação de solda ponto, através de análise por ultrassom. Essa AMT pode ser classificada como uma CAI (*Computer Aiding Inspection*), conforme classificação de Gerwin e Kolodny (1992).

#### 3.2.1.1 Dificuldade no Processo de Adoção de AMTs

Os resultados encontrados para a empresa A, em relação à dificuldade no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, pode ser verificado na tabela 3.1, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Identifica que possui dificuldades para realizar análise de investimentos em AMTs	3
Média dos Escores	3,0

Tabela 3.1 - Dificuldade no processo de adoção de AMTs - Empresa A

A média dos escores relativos à dificuldade no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura foi de 3,0 (média). Esse resultado foi atribuído pelo fato da empresa A ser direcionada para os investimentos em tecnologias avançadas de manufatura. No entanto, muitas empresas voltadas para o investimento em tecnologias de manufatura não se dão conta das dificuldades relacionadas a tal investimento, conforme será mostrado com os demais resultados a seguir nesse capítulo.

#### 3.2.1.2 Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs

Os resultados encontrados para a empresa A, em relação à dificuldade no processo de mensuração dos investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, pode ser verificado na tabela 3.2, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Possui dificuldade em estabelecer resultados esperados para a implantação das AMTs	3
Possui dificuldade em mensurar os resultados encontrados após a implantação das AMTs	1
Média dos Escores	2,0

Tabela 3.2 - Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs - Empresa A

Pode-se perceber que existe pouca dificuldade em se estabelecer resultados esperados na adoção dessas AMTs e dificuldade nula (escore 1,0) em se mensurar os resultados do investimento em tecnologias avançadas de manufatura.

### 3.2.1.3 Análise Financeira para Adoção de AMTs

Para verificar a real dificuldade da empresa A em realizar análise de investimentos em AMTs, deve ser analisado o resultado relativo ao processo de análise financeira para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, conforme apresentado na tabela 3.3:

Parte D do Questionário:

Questões	Escore
Considera importante a utilização de análise de “ <i>Pay Back</i> ” <sup>4</sup> para análise de investimentos em AMTs	5
Considera importante a utilização de análise de “ <i>ROI - Return on Investment</i> ” <sup>5</sup> para análise de investimentos em AMTs	3
Considera importante a utilização de análise de “ <i>Custo x Benefício</i> ” <sup>6</sup> para análise de investimentos em AMTs	3
Média dos Escores	3,7

Tabela 3.3 - Análise Financeira para adoção de AMTs - Empresa A

<sup>4</sup> A análise de *Pay-Back* é muito utilizada na avaliação de investimentos. Para mais detalhes sobre a utilização dessa ferramenta, consultar o Apêndice C.

<sup>5</sup> Da mesma forma que a análise de *Pay-back*, o ROI (*Return on Investment*), é um método de análise financeira utilizada como ferramenta de análise de investimento. Para mais detalhes consultar Apêndice C.

<sup>6</sup> A análise de *Custo x Benefício* é muito utilizada na análise de investimentos. Para mais detalhes sobre sua utilização consultar o Apêndice C.

Pode-se perceber que as análises financeiras no processo de adoção de AMTs pela empresa A são de importância alta (escore médio de 3,7). Isso mostra que a empresa A preserva a utilização de métodos financeiros de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura. No entanto, pode-se perceber que existe um maior enfoque na análise de *Pay Back*, em detrimento da análise de *Return on Investment* e análise de Custo x Benefício.

No contexto em que está inserida a empresa A, os investimentos em AMTs são de caráter estratégico, sendo assim, análises como as de Custo x Benefício deveriam ser de maior importância, considerando os custos finais do produto e pela alta concorrência do mercado, onde os produtos são caracterizados por uma alta tecnologia e por uma divisão de mercado acirrada, baseada no cerne do Custo x Benefício do produto final.

#### 3.2.1.4 Análise da Qualidade para Adoção de AMTs

A menor importância dada ao uso do *Return on Investment*, também é crítico, principalmente porque questões como funcionalidade e qualidade são essenciais na disputa do mercado em que está inserida a empresa A. Esse fator fica ainda mais claro quando analisamos os resultados relativos à importância das AMTs no quesito qualidade, conforme apresentado na tabela 3.4:

Parte E do Questionário:

Questões	Escore
Considera que as AMTs tem impacto sobre a qualidade do produto da empresa	3
Considera que as AMTs tem impacto sobre a diminuição de refugos do processo produtivo da empresa	5
Considera que as AMTs tem impacto sobre a quantidade de retrabalhos realizados durante o processo produtivo da empresa	3
Média dos Escores	3,7

Tabela 3.4 - Impacto das AMTs sobre a Qualidade - Empresa A

O impacto das AMTs sobre o quesito qualidade é alto para a empresa A (média dos escores de 3,7). Isso significa que o processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura deve passar necessariamente por uma análise de *Return on Investment*, considerando que devem ser estabelecidos ganhos esperados e monitorados esses ganhos, principalmente em questões ligadas à qualidade.

Pode-se perceber que existe uma forte influência da questão relativa à diminuição de refugos na AMT tratada pelo responsável pela resposta do questionário. A diminuição de refugos é um elemento integrante dos custos da qualidade, conforme citado por Robles Jr. (1994) o qual tem impacto direto no custo do produto, nesse caso, caberia uma análise de Custo x Benefício, a qual foi dada menor importância. Os custos decorrentes da diminuição de refugos também têm impacto no fator tempo de ciclo, porque os retrabalhos aumentam as atividades produtivas a serem realizadas pela empresa, além de possuir um impacto negativo no clima organizacional, focado na questão da qualidade do produto, conforme citado por Hard e Knie (2001).

### 3.2.1.5 Análise da Flexibilidade para Adoção de AMTs

O questionário da primeira pesquisa de campo, em relação à flexibilidade, teve com intuito verificar a análise de flexibilidade em dois aspectos: flexibilidade de volume e de *Design*.

Em relação ao fator flexibilidade derivada da adoção das AMTs, a empresa A respondeu ser extremamente importante (importância total). Esse resultado era esperado, tanto para flexibilidade de *Design* quanto para flexibilidade de volume. As respostas em relação à importância da flexibilidade para a empresa A estão apresentadas na tabela 3.5:

Parte F do Questionário:

Questões	Escore
Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de volume produzido pela empresa	5
Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de modelo produzido pela empresa	5
Média dos Escores	5,0

Tabela 3.5 - Impacto das AMTs sobre a Flexibilidade - Empresa A

O ramo automobilístico é fortemente influenciado pela capacidade de adaptação a novos modelos e à variação de volume intrínseca desse tipo de negócio. Nos últimos 10 anos houve um grande aumento do número de concorrentes no mercado automobilístico brasileiro, forçando as empresas a oferecerem novas opções de modelos para os clientes, os quais ficaram ainda mais exigentes em relação à oferta de novos modelos de automóveis. Nesse



cenário era de se esperar que as AMTs tivessem um papel fundamental no aumento de flexibilidade dos processos produtivos, o que foi confirmado pelas respostas da empresa A.

### 3.2.1.6 Etapas Críticas para Adoção de AMTs

Conforme citado no Capítulo 01, a proposta dessa primeira pesquisa de campo, teve como objetivo, além de verificar a utilização das AMTs e evidenciar as dificuldades no processo de análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, verificar as etapas percorridas nessa análise de investimento, que são consideradas críticas pela literatura. As verificações das etapas críticas percorridas pela empresa A estão apresentadas na tabela 3.6, abaixo:

Parte G do Questionário:

Questões	Escore
Considera o fator “capacitação de mão-de-obra” importante na análise para adoção de AMTs	5
Considera o fator “manutenibilidade” importante na análise para adoção de AMTs	3
Considera o fator “teste de utilização” importante na análise para adoção de AMTs	1
Considera o fator “ <i>benchmark</i> ” importante na análise para adoção de AMTs	5
Considera o fator “Ganho de Vantagem Competitiva” importante na análise para adoção de AMTs	1
Considera o fator “Filosofia de sua empresa” importante na análise para adoção de AMTs	5
Considera o fator “Influência da Matriz” importante na análise para adoção de AMTs	5

Tabela 3.6 - Etapas para Adoção de AMTs - Empresa A

O objetivo dessa parte do questionário foi identificar quais das etapas mínimas foram percorridas no processo de análise para adoção das AMTs, conforme verificado na literatura. Tem-se como princípio que algumas etapas são essenciais para o sucesso na adoção de AMTs, conforme evidenciado na pesquisa bibliográfica apresentada no capítulo 2 dessa dissertação. Essas etapas essenciais são: capacitação de mão-de-obra, manutenibilidade da AMT, teste de uso, *Benchmark*, Ganho de vantagem competitiva e Influência da Matriz.

Conforme as respostas da empresa A, pode-se verificar que a questão relativa à capacitação de mão-de-obra é tratada de forma muito importante (escore 5,0), confirmando a expectativa que a adoção das tecnologias avançadas de manufatura devem obter sucesso se as pessoas forem bem treinadas para sua utilização.

No entanto, era esperado que a facilidade de manutenção, ou manutenibilidade da AMT fosse uma das questões mais importantes no processo de adoção de AMTs (obteve escore 3,0). Nesse caso, estão envolvidos os custos com as horas paradas por manutenção e a qualidade do processo que pode ser prejudicada pela falta de manutenção adequada.

Foi dada grande importância ao *Benchmark*, influência da matriz e a filosofia da empresa (escore 5,0). Esse resultado era esperado devido à alta concorrência do setor automobilístico e ao fato de ser uma empresa multinacional, as quais, em geral, sofrem grande influência da matriz no exterior.

A surpresa veio do fato de ser dada pouca importância ao ganho de vantagem competitiva (escore 1,0), contrariando a importância dada ao *Benchmark*, o qual tem a premissa de buscar os melhores processos utilizados pela concorrência para aplicação na empresa.

### 3.2.1.7 Conclusões da Empresa A

A empresa A faz muitos investimentos em AMTs, tanto pela sua filosofia, como pela influência da Matriz e do Mercado. No entanto, ao contrário do que acredita a empresa A, ela possui diversas dificuldades no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, principalmente porque dá pouca importância ao teste de uso (o que pode ocasionar em um alto custo de otimização da AMT adquirida) e não prestar muita atenção aos ganhos de vantagem competitiva (escore 1,0).

### 3.2.2 RESULTADOS DA EMPRESA B

A empresa B é de grande porte, do ramo automobilístico, com mais de 1000 funcionários e um faturamento superior a 10 milhões de reais em 2003. Essa empresa é mais voltada para o investimento em tecnologias de baixo custo, privilegiando as melhorias de processo com utilização dos conhecimentos adquiridos através do conhecimento acumulado ao longo de sua existência, nesse caso pode ser enquadrada como “Automação de Baixo

Custo”, conforme a classificação de Fujimoto (1997). Essa empresa direciona seus investimentos em adaptações de processo e sofre razoável influência da matriz para realização dos investimentos, no entanto, possui grande autonomia no processo de análise de investimentos para adoção das AMTs.

A empresa B considera que a adoção de AMTs é muito importante para a sobrevivência da empresa, principalmente pela influência da concorrência, as quais, no caso da empresa B, estão mais focados na redução dos custos de fabricação, devido ao seu portfólio de produtos estar mais focado na linha de carros econômicos.

O questionário da pesquisa de campo enviado para a empresa B foi respondido pelo Técnico de processo especialista em solda laser, com mais de 15 anos de experiência e responsável pela especificação técnica e acompanhamento da instalação de AMTs adquiridos na área de armação de carroceria, mais especificamente, laser para solda e geometria da carroceria. O questionário foi respondido baseando-se em um investimento realizado em 2001, no valor superior a 10 milhão de reais, para a área de solda laser do teto e geometria da carroceria na área de armação da carroceria. Essa AMT pode ser classificada como uma tecnologia de fabricação, conforme classificação de Chan (2001).

### 3.2.2.1 Dificuldade no Processo de Adoção de AMTs

O resultado encontrado para a empresa B, em relação à dificuldade no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, pode ser verificado na tabela 3.7, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Identifica que possui dificuldades para realizar análise de investimentos em AMTs	4
Média dos Escores	4,0

Tabela 3.7 - Dificuldade no processo de adoção de AMTs - Empresa B

A média dos escores relativos à dificuldade no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, para a empresa B, foi de 4,0 (Alta), confirmando as pesquisas realizadas nos EUA por Gerwin e Kolodny (1992) e Demmel (1996), na Alemanha por Moerman (1988), na Coreia por Kim et. al. (1997), e na China por Chan (2001) e Chung (1991).

### 3.2.2.2 Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs

O resultado encontrado para a empresa B, em relação à dificuldade no processo de mensuração dos investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, pode ser verificado na tabela 3.8, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Possui dificuldade em estabelecer resultados esperados para a implantação das AMTs	3
Possui dificuldade em mensurar os resultados encontrados após a implantação das AMTs	3
Média dos Escores	3,0

Tabela 3.8 - Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs - Empresa B

Pode-se perceber que existe uma certa dificuldade em se estabelecer resultados esperados na adoção dessas AMTs, confirmando as pesquisas realizadas no Reino Unido por Burcher e Lee (2000) e na mensuração dos resultados encontrados, o que pode ser primordial para a justificativa de novos investimentos a serem realizados.

### 3.2.2.3 Análise Financeira para Adoção de AMTs

Para melhor identificar as dificuldades de análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, da empresa B, deve ser analisado o resultado relativo ao processo de análise financeira para adoção de AMTs, conforme apresentado na tabela 3.9:

Parte D do Questionário:

Questões	Escore
Considera importante a utilização de análise de “ <i>Pay Back</i> ” para análise de investimentos em AMTs	4
Considera importante a utilização de análise de “ <i>ROI - Return on Investment</i> ” para análise de investimentos em AMTs	4
Considera importante a utilização de análise de “ <i>Custo x Benefício</i> ” para análise de investimentos em AMTs	4
Média dos Escores	4,0

Tabela 3.9 - Análise Financeira para adoção de AMTs - Empresa B

Pode-se perceber que as análises financeiras no processo de adoção de AMTs pela empresa B são de importância alta (escore médio de 4,0). Isso mostra que a empresa B dá grande importância na análise financeira para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, confirmando seu aspecto de tecnologias de baixo custo, priorizando os investimentos de maior retorno de investimento, tempo de retorno e custo benefício.

#### 3.2.2.4 Análise da Qualidade para Adoção de AMTs

Apesar de realizar investimentos em AMTs de baixo custo e com maior retorno sobre o investimento, a empresa B, também prioriza a questão da qualidade relacionada com o investimento em tecnologias avançadas de manufatura, conforme pode ser evidenciado nos resultados apresentados na tabela 3.10:

Parte E do Questionário:

Questões	Escore
Considera que as AMTs têm impacto sobre a qualidade do produto da empresa	4
Considera que as AMTs têm impacto sobre a diminuição de refugos do processo produtivo da empresa	3
Considera que as AMTs têm impacto sobre a quantidade de retrabalhos realizados durante o processo produtivo da empresa	4
Média dos Escores	3,7

Tabela 3.10 - Impacto das AMTs sobre a Qualidade - Empresa B

Os impactos das AMTs sobre o quesito qualidade são altos para a empresa B (média dos escores de 3,7). Esse resultado era esperado, haja visto, que os quesitos qualidade são inerentes das indústrias automobilísticas, no entanto, deveria ser dada maior importância na diminuição de refugos, ainda mais, porque a AMT em questão é de fabricação, nesse caso, a análise de investimento da tecnologia avançada de manufatura deveria dar mais ênfase nos aspectos de diminuição de custo, como é o caso da diminuição de refugo.

Conforme citado anteriormente, a diminuição de refugos também impacta no fator tempo de ciclo, porque os retrabalhos aumentam as atividades produtivas a serem realizadas pela empresa, além de possuir um impacto negativo no clima organizacional, conforme citado por Hard e Knie (2001).

### 3.2.2.5 Análise da Flexibilidade para Adoção de AMTs

Em relação ao fator flexibilidade derivada da adoção das AMTs, a empresa B respondeu ser extremamente importante, conforme apresentado na tabela 3.11:

Parte F do Questionário:

Questões	Escore
Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de volume produzido pela empresa	4
Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de modelo produzido pela empresa	4
Média dos Escores	4,0

Tabela 3.11 - Impacto das AMTs sobre a Flexibilidade - Empresa B

A flexibilidade de modelo e de volume é muito importante para a empresa B, porque a característica de seus produtos exige lançamentos de novos produtos com grande frequência e a variação de demanda é constante. Nessa situação a empresa B leva em consideração a flexibilidade gerada pela AMT a ser adquirida e esse fator não pode ser esquecido durante a análise para investimentos em tecnologias avançadas de manufatura.

### 3.2.2.6 Etapas Críticas para Adoção de AMTs

Da mesma forma como comentado anteriormente nesse capítulo, essa primeira pesquisa de campo teve como objetivo, além de analisar as dificuldades no processo de análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, verificar as etapas percorridas durante a análise realizada nas empresas pesquisadas. As etapas percorridas pela empresa B estão apresentadas na tabela 3.12, abaixo:

Parte G do Questionário:

Questões	Escore
Considera o fator “capacitação de mão-de-obra” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “manutenibilidade” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “teste de utilização” importante na análise para adoção de AMTs	4

Considera o fator “ <i>benchmark</i> ” importante na análise para adoção de AMTs	3
Considera o fator “Ganho de Vantagem Competitiva” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “Filosofia de sua empresa” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “Influência da Matriz” importante na análise para adoção de AMTs	3

Tabela 3.12 - Etapas para Adoção de AMTs - Empresa B

Já foi comentado na parte 3.2.1 desse capítulo que se tem como princípio que algumas etapas são essenciais para o sucesso na adoção de AMTs, conforme evidenciado na pesquisa bibliográfica apresentada no capítulo 2 dessa dissertação. Essas etapas essenciais são: capacitação de mão-de-obra, manutenibilidade da AMT, teste de uso, *Benchmark*, Ganho de vantagem competitiva e Influência da Matriz.

Pode-se confirmar, através das respostas dadas pela empresa B, que há uma grande preocupação em relação à capacitação de mão-de-obra no processo de análise para investimentos em AMTs (escore 4,0), confirmando a expectativa que a adoção das tecnologias avançadas de manufatura devem obter sucesso se as pessoas forem bem treinadas para sua utilização.

Da mesma forma, foi dada grande ênfase no quesito manutenibilidade e teste de utilização (escore 4,0) e importância média ao *Benchmark* (escore 3,0). Essa resposta reforça o aspecto de tecnologia de baixo custo, o qual se enquadra perfeitamente na classificação da empresa B.

As respostas dadas para filosofia da empresa (escore 4,0) e influência da matriz e a (escore 3,0), demonstram uma certa independência em relação à matriz, mas uma grande influência da cultura implantada por essa matriz na empresa B. A filosofia para utilização de AMTs de fabricação, com objetivo de otimização dos processos, é típico de empresas como a matriz da empresa B, que se classifica como “Automação de Baixo Custo”, conforme classificação de Fujimoto (1997).

A resposta referente ao ganho de vantagem competitiva (escore 4,0), demonstra uma grande preocupação com o ganho de mercado, típico de empresas de tecnologias de baixo custo, como é o caso da empresa B.

### 3.2.2.7 Conclusões da Empresa B

A empresa B investe pesadamente em tecnologias avançadas de manufatura, mas ao contrário da empresa A, que procura diferenciação pela vantagem tecnológica, a empresa B procura aplicações de tecnologias que tragam otimização dos processos visando a redução de custo.

Apesar de dar importância a todos os fatores considerados críticos no processo de adoção de AMTs, a empresa B considera que possui dificuldades no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura. Isso pode ocorrer porque a empresa B não possui um processo padronizado de adoção de AMTs, mesmo utilizando as etapas essenciais.

### 3.2.3 RESULTADOS DA EMPRESA C

A empresa C, da mesma forma que as empresas A e B, é de grande porte, do ramo automobilístico, com mais de 1000 funcionários e um faturamento superior a 10 milhões de reais em 2003.

A empresa C define que as AMTs não são muito importantes para o sucesso da empresa (escore 2,0), concentrando seus investimentos em tecnologias de baixo custo, privilegiando as melhorias contínuas de processo (*kaizen*), através dos conhecimentos acumulados ao longo de sua existência, em detrimento aos investimentos em novas tecnologias. Nesse caso, a empresa C pode ser enquadrada como “Automação Baseada no Ser Humano”, conforme a classificação de Fujimoto (1997).

O questionário da pesquisa de campo enviado para a empresa C foi respondido pelo Gerente de Produção, com mais de 15 anos de experiência e responsável pela aprovação de todos os investimentos realizados na área de manufatura.

O questionário foi respondido baseando-se em investimentos realizados em 2001, da ordem de 10 milhões de reais, em robôs de solda para área de armação de carrocerias. Essa AMT pode ser classificada como uma tecnologia de fabricação, conforme classificação de Chan (2001).



### 3.2.3.1 Dificuldade no Processo de Adoção de AMTs

O resultado encontrado para a empresa C, em relação à dificuldade no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, pode ser verificado na tabela 3.13, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Identifica que possui dificuldades para realizar análise de investimentos em AMTs	3
Média dos Escores	3,0

Tabela 3.13 - Dificuldade no processo de adoção de AMTs - Empresa C

A empresa C demonstra uma dificuldade moderada (escore 3,0) no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

### 3.2.3.2 Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs

O resultado encontrado para a empresa C, em relação à dificuldade no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, pode ser verificado na tabela 3.14, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Possui dificuldade em estabelecer resultados esperados para a implantação das AMTs	1
Possui dificuldade em mensurar os resultados encontrados após a implantação das AMTs	2
Média dos Escores	1,5

Tabela 3.14 - Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs - Empresa C

A empresa C afirma não possuir dificuldades em estabelecer resultados esperados na adoção de AMTs (escore 1,0 - nulo) e possuir pouca dificuldade na mensuração dos resultados obtidos na adoção das tecnologias avançadas de manufatura (escore 2,0).

No entanto, deve-se levar em consideração que foram realizados poucos investimentos em AMTs nos últimos 3 anos pela empresa C (não houve investimentos em 2002 e 2003 e foram investidos em torno de 10 milhões em 2001), ao contrário de empresa A (média de 6 milhões por ano) e empresa B (média de 10 milhões por ano).

### 3.2.3.3 Análise Financeira para Adoção de AMTs

Contrariando a maioria dos autores, a empresa C diz não possuir dificuldades na análise financeira para adoção de tecnologias avançadas de manufatura. Para melhor identificar as etapas do processo de análise de investimentos realizada pela empresa C, serão apresentados os resultados da pesquisa sobre as análises financeiras, conforme mostra a tabela 3.15, abaixo:

Parte D do Questionário:

Questões	Escore
Considera importante a utilização de análise de “Pay Back” para análise de investimentos em AMTs	5
Considera importante a utilização de análise de “ROI - Return on Investment” para análise de investimentos em AMTs	5
Considera importante a utilização de análise de “Custo x Benefício” para análise de investimentos em AMTs	5
Média dos Escores	5,0

Tabela 3.15 - Análise Financeira para adoção de AMTs - Empresa C

A empresa C dá total importância aos métodos financeiros para análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura (escore médio 5,0), confirmando seu aspecto de tecnologias de baixo custo, priorizando os investimentos de maior retorno de investimento, tempo de retorno e custo benefício.

O resultado mais surpreendente da pesquisa realizada na empresa C, foi o fato de empresa afirmar que as AMTs não possuem um impacto significativo nos resultados relativos à qualidade dos produtos. A relação das tecnologias avançadas de manufatura com os resultados de qualidade deveriam ser primordiais na análise de investimentos para sua adoção. Mesmo as empresas classificadas como “Automação Baseada no Ser Humano”, segundo a classificação de Fujimoto (1997), prestam, em geral, muita atenção aos ganhos de qualidade durante o processo de análise para adoção de AMTs.

### 3.2.3.4 Análise da Qualidade para Adoção de AMTs

Os resultados do impacto das AMTs sobre a qualidade para a empresa C, estão apresentados na tabela 3.16, abaixo:

## Parte E do Questionário:

Questões	Escore
Considera que as AMTs têm impacto sobre a qualidade do produto da empresa	2
Considera que as AMTs têm impacto sobre a diminuição de refugos do processo produtivo da empresa	2
Considera que as AMTs têm impacto sobre a quantidade de retrabalhos realizados durante o processo produtivo da empresa	2
Média dos Escores	2,0

Tabela 3.16 - Impacto das AMTs sobre a Qualidade - Empresa C

O impacto das AMTs sobre o quesito qualidade é baixa para a empresa C (média dos escores de 2,0). Esse resultado era totalmente inesperado, principalmente porque a empresa C, sendo do ramo automobilístico, possui uma grande concorrência de custos e os aspectos relacionados com a diminuição de refugos e retrabalhos têm impacto direto nesse item.

É de conhecimento que as indústrias automobilísticas prezam pela qualidade de seus produtos, inclusive, grande parte das ferramentas da qualidade desenvolvidas (CEP, FMEA, QFD, etc.), são oriundas desse tipo de indústria. A empresa C, segundo pesquisa realizada pela revista Quatro Rodas de Agosto de 2003, possui o seu veículo de entrada em primeiro lugar no quesito satisfação dos clientes (95% de satisfação). Esse resultado mostra que existe uma grande preocupação em relação à qualidade de seus produtos, por parte da empresa C e que os resultados alcançados têm sido bem sucedidos.

Apesar de não ter investido em AMTs nos anos de 2002 e 2003, os investimentos realizados em 2001 são significativos, sendo assim, esperava-se que a empresa C tivesse tido mais atenção aos ganhos em qualidade advindos desse investimento, principalmente em relação à diminuição de refugos e retrabalhos, porque, conforme citado anteriormente, a diminuição de falhas também impacta no tempo de ciclo, porque os retrabalhos aumentam as atividades produtivas a serem realizadas pela empresa, além de possuir um impacto negativo no clima organizacional, conforme citado por Hard e Knie (2001).

### 3.2.3.5 Análise da Flexibilidade para Adoção de AMTs

Em relação ao fator flexibilidade, derivada da adoção das AMTs, a empresa C respondeu não ser importante para seu processo de fabricação, conforme apresentado na tabela 3.17:

Parte F do Questionário:

Questões	Escore
Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de volume produzido pela empresa	2
Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de modelo produzido pela empresa	2
Média dos Escores	2,0

Tabela 3.17 - Impacto das AMTs sobre a Flexibilidade - Empresa C

A flexibilidade de modelo e de volume não é importante para a empresa C, contrariando novamente, as expectativas. Como já foi citado anteriormente, são inerentes das indústrias automobilísticas a exigência de lançamentos de novos produtos com grande frequência e a variação de demanda é constante. Dessa forma, esperava-se que a empresa C leva-se em consideração a flexibilidade gerada pela AMT a ser adquirida e esse fator não poderia ser esquecido durante a análise para investimentos em tecnologias avançadas de manufatura.

### 3.2.3.6 Etapas Críticas para Adoção de AMTs

Da mesma forma como comentado na parte 3.2.2 desse capítulo, essa primeira pesquisa de campo teve como objetivo, além de analisar as dificuldades no processo de análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, verificar as etapas percorridas durante a análise realizada nas empresas pesquisadas. As etapas percorridas pela empresa C estão apresentadas na tabela 3.18, abaixo:

## Parte G do Questionário:

Questões	Escore
Considera o fator “capacitação de mão-de-obra” importante na análise para adoção de AMTs	2
Considera o fator “manutenibilidade” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “teste de utilização” importante na análise para adoção de AMTs	2
Considera o fator “benchmark” importante na análise para adoção de AMTs	2
Considera o fator “Ganho de Vantagem Competitiva” importante na análise para adoção de AMTs	2
Considera o fator “Filosofia de sua empresa” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “Influência da Matriz” importante na análise para adoção de AMTs	2

Tabela 3.18 - Etapas para Adoção de AMTs - Empresa C

Já foi comentado na parte 3.2.2 desse capítulo que tem-se como princípio que algumas etapas são essenciais para o sucesso na adoção de AMTs, conforme evidenciado na pesquisa bibliográfica apresentada no capítulo 2 dessa dissertação. Essas etapas essenciais são: capacitação de mão-de-obra, manutenibilidade da AMT, teste de uso, *Benchmark*, Ganho de vantagem competitiva e Influência da Matriz.

Pode-se confirmar, através das respostas dadas pela empresa C, que não existe uma grande preocupação em relação à capacitação de mão-de-obra no processo de análise para investimentos em AMTs (escore 2,0), contrariando a expectativa que a adoção das tecnologias avançadas de manufatura devem obter sucesso se as pessoas forem bem treinadas para sua utilização.

Por outro lado, foi dada grande ênfase no quesito manutenibilidade (escore 4,0), reforçando o aspecto de tecnologia de baixo custo, o qual se enquadra perfeitamente na classificação da empresa C. No entanto, de forma contraditória, foi dada pouca importância ao teste de uso (escore 2,0), o qual está ligado diretamente à diminuição dos custos de aquisição e averiguação da real utilidade da AMT a ser adquirida. Empresas classificadas como “Automação Baseada no Ser Humano” costumam prezar muito pelo teste de uso de tecnologias avançadas de manufatura.

A empresa C mostra que possui grande independência no processo de adoção de AMTs ao responder que a influência da matriz é baixa (escore 2,0). Mas de forma contraditória, afirma que a filosofia da empresa tem um peso significativo no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura (escore 4,0).

De forma ainda mais surpreendente, a empresa C afirma não dar muita importância ao ganho de vantagem competitiva e ao *benchmark* no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, contrariando os resultados encontrados pela maioria dos autores que pesquisaram esse tipo de indústria.

#### 3.2.3.7 Conclusões para a empresa C

A empresa C demonstra não utilizar largamente as tecnologias avançadas de manufatura, priorizando os investimentos em melhoria contínua (*Kaizen*). Os poucos investimentos realizados em AMTs foram com o intuito de facilitar a realização das tarefas da mão-de-obra direta (ergonomia, segurança, etc.).

Para empresas com a mesma filosofia da empresa C, uma metodologia para análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura deve ser mais voltada para a verificação do custo x benefício e um balanço do impacto no fluxo de caixa, sendo que outros fatores como ganho de qualidade e análises de mercado ficam em segundo plano.

#### 3.2.4 RESULTADOS DA EMPRESA D

A empresa D é um grande fornecedor do ramo automobilístico, com mais de 1000 funcionários e um faturamento superior a 10 milhões de reais em 2003.

A empresa D define que as AMTs são extremamente importantes para o sucesso da empresa (escore 5,0 - total), concentrando seus investimentos em novas tecnologias de processo e na implementação de tecnologias de ponta. Nesse caso, a empresa D pode ser enquadrada como “Automação de Alta Tecnologia”, conforme a classificação de Fujimoto (1997).

O questionário da pesquisa de campo enviado para a empresa D foi respondido pelo Gerente da Área de Novos Investimentos, com experiência entre 10 e 15 anos e responsável pela aprovação de todos os investimentos realizados na área de manufatura.

O questionário foi respondido baseando-se em investimentos realizados em 2001, 2002 e 2003, em um total de aproximadamente 30 milhões de reais, nas mais diversas áreas da empresa.

#### 3.2.4.1 Dificuldade no Processo de Adoção de AMTs

O resultado encontrado para a empresa D, em relação à dificuldade no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, pode ser verificado na tabela 3.19, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Identifica que possui dificuldades para realizar análise de investimentos em AMTs	3
Média dos Escores	3,0

Tabela 3.19 - Dificuldade no processo de adoção de AMTs - Empresa D

A empresa D considera que uma dificuldade média em realizar análises de investimentos em AMTs (escore 3,0).

#### 3.2.4.2 Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs

O resultado encontrado para a empresa D, em relação à dificuldade no processo de mensuração dos investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, pode ser verificado na tabela 3.20, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Possui dificuldade em estabelecer resultados esperados para a implantação das AMTs	4
Possui dificuldade em mensurar os resultados encontrados após a implantação das AMTs	5
Média dos Escores	4,5

Tabela 3.20 - Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs - Empresa D

A média dos escores relativos à dificuldade na mensuração dos investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, para a empresa D, foi de 4,5 (Alta), resultado é consequência do fato da empresa D afirmar possuir grandes dificuldades em estabelecer resultados esperados na adoção de AMTs (escore 4,0) e por possuir total dificuldade na

mensuração dos resultados obtidos na adoção das tecnologias avançadas de manufatura (escore 5,0).

#### 3.2.4.3 Análise Financeira para Adoção de AMTs

Para melhor identificar as etapas do processo de análise de investimentos realizadas pela empresa D, serão apresentados os resultados da pesquisa sobre as análises financeiras, conforme mostra a tabela 3.21, abaixo:

Parte D do Questionário:

Questões	Escore
Considera importante a utilização de análise de “ <i>Pay Back</i> ” para análise de investimentos em AMTs	4
Considera importante a utilização de análise de “ <i>ROI - Return on Investment</i> ” para análise de investimentos em AMTs	4
Considera importante a utilização de análise de “ <i>Custo x Benefício</i> ” para análise de investimentos em AMTs	4
Média dos Escores	4,0

Tabela 3.21 - Análise Financeira para adoção de AMTs - Empresa D

A empresa D dá grande importância aos métodos financeiros para análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura (escore médio 4,0), mostrando a importância desses métodos para uma boa análise de investimentos.

#### 3.2.4.4 Análise da Qualidade para Adoção de AMTs

Os resultados do impacto das AMTs sobre a qualidade para a empresa D, estão apresentados na tabela 3.22, abaixo:



Parte E do Questionário:

Questões	Escore
Considera que as AMTs têm impacto sobre a qualidade do produto da empresa	4
Considera que as AMTs têm impacto sobre a diminuição de refugos do processo produtivo da empresa	4
Considera que as AMTs têm impacto sobre a quantidade de retrabalhos realizados durante o processo produtivo da empresa	4
Média dos Escores	4,0

Tabela 3.22 - Impacto das AMTs sobre a Qualidade - Empresa D

O impacto das AMTs sobre o quesito qualidade é alta para a empresa D (média dos escores de 4,0). Esse é resultado esperado para empresas que empregam tecnologias de ponta e com filosofia para liderança de mercado baseada em AMTs.

#### 3.2.4.5 Análise da Flexibilidade para Adoção de AMTs

Em relação ao fator flexibilidade, derivada da adoção das AMTs, a empresa D respondeu não ser importante para seu processo de fabricação, conforme apresentado na tabela 3.23:

Parte F do Questionário:

Questões	Escore
Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de volume produzido pela empresa	4
Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de modelo produzido pela empresa	3
Média dos Escores	3,5

Tabela 3.23 - Impacto das AMTs sobre a Flexibilidade - Empresa D

A flexibilidade de modelo e de volume tem uma importância média para a empresa D (escore médio de 3,5). Esse resultado (a ser confirmado na segunda pesquisa de campo) deve ser devido ao emprego das AMTs em processos inovadores, que possuem uma grande vida útil. Nesse caso, não existe uma grande preocupação com a adequação de novos modelos a serem produzidos com as tecnologias adotadas.

### 3.2.4.6 Etapas Críticas para Adoção de AMTs

Da mesma forma como comentado na parte 3.2.2 desse capítulo, essa primeira pesquisa de campo teve como objetivo, além de analisar as dificuldades no processo de análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, verificar as etapas percorridas durante a análise realizada nas empresas pesquisadas. As etapas percorridas pela empresa D estão apresentadas na tabela 3.24, abaixo:

Parte G do Questionário:

Questões	Escore
Considera o fator “capacitação de mão-de-obra” importante na análise para adoção de AMTs	5
Considera o fator “manutenibilidade” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “teste de utilização” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “ <i>benchmark</i> ” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “Ganho de Vantagem Competitiva” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “Filosofia de sua empresa” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “Influência da Matriz” importante na análise para adoção de AMTs	5

Tabela 3.24 - Etapas para Adoção de AMTs - Empresa D

Já foi comentado na parte 3.2.2 desse capítulo que tem-se como princípio que algumas etapas são essenciais para o sucesso na adoção de AMTs, conforme evidenciado na pesquisa bibliográfica apresentada no capítulo 2 dessa dissertação. Essas etapas essenciais são: capacitação de mão-de-obra, manutenibilidade da AMT, teste de uso, *Benchmark*, Ganho de vantagem competitiva e Influência da Matriz.

Pode-se confirmar, através das respostas dadas pela empresa D, que existe uma total preocupação em relação à capacitação de mão-de-obra no processo de análise para investimentos em AMTs (escore 5,0), confirmando a expectativa de que a adoção das tecnologias avançadas de manufatura deve obter sucesso se as pessoas forem bem treinadas para sua utilização.

Da mesma forma, foi dada grande ênfase no quesito manutenibilidade e ao teste de uso (escore 4,0), o qual está ligado diretamente à diminuição dos custos de aquisição e averiguação da real utilidade da AMT a ser adquirida, demonstrando real interesse na boa utilização da AMT a ser adquirida.

Confirmando seu aspecto de “Automação de Alta Tecnologia”, a empresa D demonstrou uma grande preocupação com o ganho de vantagem competitiva e ao *benchmark* (escore 4,0) no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

Como já demonstrado pelas empresas A e B, multinacionais que fazem larga utilização de AMTs em seus processos produtivos, a empresa D mostra que possui dependência total da matriz no processo de adoção de AMTs (escore 5,0) e grande influência da filosofia da empresa (escore 4,0).

#### 3.2.4.7 Conclusões para a empresa D

A empresa D demonstra uma dificuldade média no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, mesmo assim, ela dá bastante importância aos fatores considerados essenciais no processo de análise de investimentos para adoção de AMTs. Espera-se, através da segunda pesquisa de campo, que a empresa D demonstre um bom resultado no desempenho das AMTs adquiridas pela empresa.

#### 3.2.5 RESULTADOS DA EMPRESA E

A empresa E é um fornecedor do ramo automobilístico, com um número de funcionários em torno 500. Em 2003, a empresa E teve um faturamento superior a 10 milhões de reais.

A empresa E define que as AMTs são extremamente importantes para o sucesso da empresa (escore 5,0 - total), concentrando seus investimentos em novas tecnologias de processo. Nesse caso, a empresa E pode ser enquadrada como “Automação de Alta Tecnologia”, conforme a classificação de Fujimoto (1997).

O questionário da pesquisa de campo enviado para a empresa E foi respondido pelo Engenheiro de Compras, com experiência inferior a 5 anos e responsável pela aprovação técnica de todos os investimentos realizados na área de manufatura.

O questionário foi respondido baseando-se em investimentos realizados em 2001 e 2002, em um total de aproximadamente 25 milhões de reais, nas mais diversas áreas da empresa. Deve-se levar em consideração que a empresa E é nova, nesse caso muitos dos investimentos em AMTs foram realizados no período de construção da empresa, que se trata de uma multinacional. Dentre os diversos investimentos realizados em tecnologias avançadas de manufatura destacam-se aqueles relacionados à automação da manufatura e controle da qualidade.

#### 3.2.5.1 Dificuldade no Processo de Adoção de AMTs

O resultado encontrado para a empresa E em relação à dificuldade no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, podem ser verificado na tabela 3.25, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Identifica que possui dificuldades para realizar análise de investimentos em AMTs	2
Média dos Escores	2,0

Tabela 3.25 - Dificuldade no processo de adoção de AMTs - Empresa E

A empresa B apresenta pouca dificuldade em relação à dificuldade no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura (escore 2,0). Esse resultado por ser devido ao fato da empresa B possuir um departamento exclusivamente voltado para análise e teste de novas tecnologias avançadas de manufatura.

#### 3.2.5.2 Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs

O resultado encontrado para a empresa B, em relação à dificuldade no processo de mensuração dos investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, pode ser verificado na tabela 3.26, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Possui dificuldade em estabelecer resultados esperados para a implantação das AMTs	2
Possui dificuldade em mensurar os resultados encontrados após a implantação das AMTs	2
Média dos Escores	2,0

Tabela 3.26 - Dificuldade na mensuração dos investimentos em AMTs - Empresa E

A média dos escores relativos à dificuldade no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, para a empresa E, foi de 2,0 (Baixa).

### 3.2.5.3 Análise Financeira para Adoção de AMTs

Para melhor identificar as etapas do processo de análise de investimentos realizada pela empresa E, serão apresentados os resultados da pesquisa sobre as análises financeiras, conforme mostra a tabela 3.27, abaixo:

Parte D do Questionário:

Questões	Escore
Considera importante a utilização de análise de “Pay Back” para análise de investimentos em AMTs	5
Considera importante a utilização de análise de “ROI - <i>Return on Investment</i> ” para análise de investimentos em AMTs	4
Considera importante a utilização de análise de “Custo x Benefício” para análise de investimentos em AMTs	4
Média dos Escores	4,0

Tabela 3.27 - Análise Financeira para adoção de AMTs - Empresa E

A empresa E considera que existe um forte impacto dos investimentos em AMTs no custo final de seus produtos, por isso dá grande importância na análise financeira para adoção de tecnologias avançadas de manufatura (escore médio 4,0), mostrando a importância desses métodos para uma boa análise de investimentos. A empresa E, também considera que os investimentos em AMTs possuem um forte impacto em seu fluxo de caixa.

Novamente deve-se fazer uma ressalva no aspecto dos investimentos para construção da empresa, porque nesse sentido, os investimentos são de maior escala e possuem, eminentemente, um impacto maior no fluxo de caixa da empresa.

Mesmo a Empresa E tendo realizado investimentos à partir de um projeto realizado pela matriz no exterior, as especificações dos equipamentos e a escolha final de cada um dessas AMTs foi de responsabilidade da filial brasileira, nesse caso, a análise econômica foi inteiramente realizada pela empresa no Brasil.

A aprovação final dos investimentos teve que ser realizada pela matriz no exterior, mas a configuração dos cenários foi elaborada pela filial brasileira.

#### 3.2.5.4 Análise da Qualidade para Adoção de AMTs

Os resultados do impacto das AMTs sobre a qualidade para a empresa E, estão apresentados na tabela 3.28, abaixo:

Parte E do Questionário:

Questões	Escore
Considera que as AMTs têm impacto sobre a qualidade do produto da empresa	4
Considera que as AMTs têm impacto sobre a diminuição de refugos do processo produtivo da empresa	4
Considera que as AMTs têm impacto sobre a quantidade de retrabalhos realizados durante o processo produtivo da empresa	4
Média dos Escores	4,0

Tabela 3.28 - Impacto das AMTs sobre a Qualidade - Empresa E

O impacto das AMTs sobre o quesito qualidade é alta para a empresa E (média dos escores de 4,0). Esse é resultado esperado para empresas que empregam tecnologias com o intuito de liderança de mercado baseada em AMTs.

#### 3.2.5.5 Análise da Flexibilidade para Adoção de AMTs

Em relação ao fator flexibilidade, derivada da adoção das AMTs, a empresa E respondeu ser de total importância para seu processo de fabricação, conforme apresentado na tabela 3.29:

Parte F do Questionário:

Questões	Escore
Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de volume produzido pela empresa	5
Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de modelo produzido pela empresa	5
Média dos Escores	5,0

Tabela 3.29 - Impacto das AMTs sobre a Flexibilidade - Empresa E

A flexibilidade de modelo e de volume tem importância total para a empresa E (score médio de 5,0), confirmando a expectativa de que as AMTs devem trazer benefícios na flexibilidade, caso contrário, seus altos investimentos não trarão o retorno esperado.

### 3.2.5.6 Etapas Críticas para Adoção de AMTs

Da mesma forma como comentado na parte 3.2.2 desse capítulo, essa primeira pesquisa de campo teve como objetivo, além de analisar as dificuldades no processo de análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, verificar as etapas percorridas durante a análise realizada nas empresas pesquisadas. As etapas percorridas pela empresa E estão apresentadas na tabela 3.30, abaixo:

Parte G do Questionário:

Questões	Escore
Considera o fator “capacitação de mão-de-obra” importante na análise para adoção de AMTs	2
Considera o fator “manutenibilidade” importante na análise para adoção de AMTs	2
Considera o fator “teste de utilização” importante na análise para adoção de AMTs	3
Considera o fator “ <i>benchmark</i> ” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “Ganho de Vantagem Competitiva” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “Filosofia de sua empresa” importante na análise para adoção de AMTs	4
Considera o fator “Influência da Matriz” importante na análise para adoção de AMTs	3

Tabela 3.30 - Etapas para Adoção de AMTs - Empresa E

Já foi comentado na parte 3.2.2 desse capítulo que se tem como princípio que algumas etapas são essenciais para o sucesso na adoção de AMTs, conforme evidenciado na pesquisa

bibliográfica apresentada no capítulo 2 dessa dissertação. Essas etapas essenciais são: capacitação de mão-de-obra, manutenibilidade da AMT, teste de uso, *Benchmark*, Ganho de vantagem competitiva e Influência da Matriz.

Através das respostas dadas pela empresa E, evidencia-se que não existe uma grande preocupação em relação à capacitação de mão-de-obra no processo de análise para investimentos em AMTs (escore 2,0), nesse caso, a empresa E pode estar incorrendo em um custo adicional, para trazer especialistas na utilização da AMT, ou poderá incorrer em uma utilização incompleta da nova tecnologia adquirida.

Da mesma forma, foi dada pouca ênfase no quesito manutenibilidade (escore 2,0) e ao teste de uso (escore 3,0). A empresa E pode sofrer um aumento dos custos de manutenção do equipamento e perdas de produção e um aumento dos custos de aquisição e averiguação da real utilidade da AMT.

Confirmando seu aspecto de “Automação de Alta Tecnologia”, a empresa E demonstrou uma grande preocupação com o ganho de vantagem competitiva e ao *benchmark* (escore 4,0) no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

Como já demonstrado pelas empresas A, B e D, multinacionais que fazem larga utilização de AMTs em seus processos produtivos, a empresa E mostra que possui uma grande dependência da matriz no processo de adoção de AMTs (escore 4,0) e uma influência média da filosofia da empresa (escore 3,0).

#### 3.2.5.7 Conclusões para a empresa E

A empresa E possui um setor exclusivo para análise e teste de novas tecnologias avançadas de manufatura, o que permite um melhor resultado no processo de adoção das AMTs. Existe uma ótima utilização do método de análise de investimentos e espera-se que o resultado desse investimento seja positivo.

### 3.3 ANÁLISE COMPARATIVA DAS AMTS AVALIADAS

Para poder verificar as AMTs implementadas nas empresas e sua validade na metodologia de análise que está sendo proposta nessa dissertação, está apresentada abaixo a tabela 3.31, a qual traz o resumo das AMTs avaliadas na primeira pesquisa de campo:



Empresa	AMT Avaliada	Ano do Investimento	Valor da AMT (R\$)
A	Equipamento de avaliação de solda ponto através de ultra-som	2002	1 milhão
B	Solda laser do teto e geometria da carroceria armada	2002	10 milhões
C	Robôs de solda para área de armação de carroceria	2001	10 milhões
D	Diversos investimentos realizados na instalação da área fabril da empresa (Robôs, CAD, etc.)	2001	30 milhões
E	Diversos investimentos realizados na melhoria dos processos de usinagem e tratamento térmico	2002	25 milhões

Tabela 3.31 – AMTs avaliadas na primeira pesquisa de campo

Como se podem observar, as empresas pesquisadas realizaram grandes investimentos em AMTs nos últimos 3 anos. No entanto, a análise do processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura que analisado da Empresa A, está focado na aplicação de tecnologias voltadas para o processo de inspeção, mais especificamente, tecnologia de ultra-som para avaliação de ponto de solda na armação de carroceria. Esse investimento específico, apesar de ser um valor muito menor que os das outras empresas, representa um grande investimento na área de avaliação de solda. A avaliação através de ultra-som elimina a necessidade de realização de testes destrutivos, resultando em uma grande economia no processo de avaliação de solda.

A análise realizada no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura realizada na Empresa B, também focou um investimento específico, no caso, tecnologia de solda aplicada na solda do teto da carroceria (solda laser com adição de material). Esse investimento representou um alto valor na área de armação de carrocerias e inovou o processo de fixação do teto, anteriormente sendo realizado com solda laser sem adição de material. Essa tecnologia inovadora elimina a necessidade de aplicação de cordão de massa PVC (utilizada para dar acabamento e fazer a vedação dos poros resultantes do processo de solda), resultando em uma grande economia nos processos subsequentes da solda laser.

Os investimentos em AMTs analisados no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura das Empresas C e D, foram mais genéricos, focando a instalação de

diversos robôs no processo de fabricação. Para a Empresa C foi analisado o processo de adoção de robôs na área de armação de carrocerias. Na Empresa D foi analisado o investimento na instalação de toda a área fabril, desde os robôs, até os equipamentos de controle e de projeto (CAD).

A análise realizada no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura realizada na Empresa E focou o investimento realizado na área usinagem e tratamento térmico, onde os processo foram modernizados para atender às necessidades de novos produtos, que exigiam uma tolerância mais rigorosa das especificações.

### 3.4 ANÁLISE CRUZADA DOS ESCORES

Para obter uma melhor visualização da relação de dificuldades e utilização das etapas de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, apresenta-se o resumo dos escores de cada uma das empresas, na tabela 3.32, abaixo:

Questões	Empresa					Escore Médio
	A	B	C	D	E	
Identifica que possui dificuldades para realizar análise de investimentos em AMTs	3	4	3	3	2	3,0
Possui dificuldade em estabelecer resultados esperados para a implantação das AMTs	3	3	1	4	2	2,6
Possui dificuldade em mensurar os resultados encontrados após a implantação das AMTs	1	3	2	5	2	2,6
Considera importante a utilização de análise de “Pay Back” para análise de investimentos em AMTs	5	4	5	4	5	4,6
Considera importante a utilização de análise de “ROI - Return on Investment” para análise de investimentos em AMTs	3	4	5	4	4	4,0
Considera importante a utilização de análise de “Custo x Benefício” para análise de investimentos em AMTs	3	4	5	4	4	4,0
Considera que as AMTs têm impacto sobre a qualidade do produto da empresa	3	4	2	4	4	3,4
Considera que as AMTs têm impacto sobre a diminuição de refugos do processo produtivo da empresa	5	3	2	4	4	3,6
Considera que as AMTs têm impacto sobre a quantidade de retrabalhos realizados durante o processo produtivo da empresa	3	4	2	4	4	3,4

Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de volume produzido pela empresa	5	4	2	4	5	4,0
Considera que as AMTs têm impacto sobre a flexibilidade de modelo produzido pela empresa	5	4	2	3	5	3,8
Considera o fator “capacitação de mão-de-obra” importante na análise para adoção de AMTs	5	4	2	5	2	3,6
Considera o fator “manutenibilidade” importante na análise para adoção de AMTs	3	4	4	4	2	3,4
Considera o fator “teste de utilização” importante na análise para adoção de AMTs	1	4	2	4	3	2,8
Considera o fator “ <i>benchmark</i> ” importante na análise para adoção de AMTs	5	3	2	4	4	3,6
Considera o fator “Ganho de Vantagem Competitiva” importante na análise para adoção de AMTs	1	4	2	4	4	3,0
Considera o fator “Filosofia de sua empresa” importante na análise para adoção de AMTs	5	4	4	4	4	4,2
Considera o fator “Influência da Matriz” importante na análise para adoção de AMTs	5	3	2	5	3	3,6

Tabela 3.32 – Resumo dos Escores das Empresas Pesquisadas

Como se pode observar na tabela 3.32, a média dos escores relativos à dificuldade no processo de análise para adoção de AMTs foi de 3,0 (média). Isso mostra que apesar das Empresas pesquisadas realizarem diversas análises no processo decisório para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, ainda necessitam de uma metodologia mais adequada para realizar e conduzir o processo de análise.

A ferramenta de análise mais utilizada pelas empresas pesquisadas foi a análise de *Pay-back* (média dos escores igual a 4,6 - alta), seguida das análises de ROI e Custo x benefício, ou seja, ferramentas de análise financeira. Era de se esperar que as análises financeiras fossem as ferramentas mais utilizadas, porque os investimentos, sejam eles em AMTs ou de qualquer outra espécie, devem ser justificados financeiramente para poderem ser aprovados pela alta direção de uma empresa.

De maneira contrária, as ferramentas menos utilizadas foram teste de utilização (média dos escores igual a 2,8 - baixa) e análise do ganho de vantagem competitiva (média dos escores igual a 3,0 - média). É muito importante que essas ferramentas de análise sejam utilizadas no processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura e talvez

esse seja um dos motivos que demonstram as dificuldades no processo de análise para adoção de AMTs apresentadas pelas empresas pesquisadas.

### 3.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

As 5 empresas pesquisadas fizeram grandes investimentos em tecnologias avançadas de manufatura nos últimos 3 anos. As pessoas responsáveis por responder o questionário são peças chave no processo de adoção das AMTs dessas empresas.

Com exceção da empresa C, todas as outras confirmaram o aspecto da dificuldade no processo de adoção de AMTs, onde apresentaram diversos fatores que dificultaram o processo de adoção: definição dos resultados esperados, análise dos resultados encontrados, análises financeiras, teste de uso, etc.

Foi possível, através dessa pesquisa de campo, enquadrar as empresas segundo a classificação de Fujimoto (1997), em: “Automação para Motivação do Ser Humano”, “Automação adequada ao Ser Humano”, “Automação de baixo custo” e “Automação de alta tecnologia”, a qual será utilizada na proposta de metodologia no Capítulo 4.

O aspecto mais relevante dessa primeira pesquisa de campo foi poder verificar se as etapas, consideradas essenciais, no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura (análise financeira, análise dos ganhos de qualidade e análise dos ganhos de flexibilidade) foram adequadamente percorridas. A pesquisa mostrou que as empresas percorreram essas etapas, apesar de não utilizarem uma metodologia específica para esse tipo de análise.

Da mesma forma, foi possível verificar se as empresas levaram em consideração alguns fatores, considerados essenciais, para adoção de AMTs: capacitação de mão-de-obra, manutenibilidade da AMT, teste de uso, *Benchmark*, Ganho de vantagem competitiva e Influência da Matriz. E como se pode perceber, a grande parte das ferramentas de análise, em especial as financeiras, foram utilizadas. No entanto, existem algumas análises essenciais que precisam de mais atenção, tais como: teste de uso e análise dos ganhos de vantagem competitiva, justificando a proposta de metodologia que será apresentada no Capítulo 04

O resultado dessa primeira pesquisa de campo justifica que se proponha uma metodologia de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura. O próximo

capítulo dessa dissertação irá trazer a proposta de metodologia para análise de investimentos em AMTs.

## **4 PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ADOÇÃO DE AMTs**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

Conforme os resultados apresentados no capítulo 03, as empresas metalúrgicas demonstraram dificuldades no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, confirmando a justificativa da pesquisa e confirmando os resultados encontrados pelos autores consultados.

A dificuldade no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura está caracterizada, basicamente, pela falta de utilização de elementos críticos de análise, tais como: verificação dos ganhos de qualidade, ganhos de flexibilidade, teste de uso, etc.

Muitas empresas têm consciência da importância da adoção das AMTs. A procura pela sobrevivência no mercado competitivo dos dias de hoje passa, inexoravelmente, pelo processo de modernização da área de manufatura de uma empresa. Para empresas do ramo metalúrgico, a adoção de AMTs é crucial para o sucesso e não se pode conceber que uma empresa com um bom desempenho frente à concorrência que não faça larga utilização de tecnologias avançadas de manufatura.

Tendo-se como princípio a necessidade de adoção de AMTs, faz-se a necessário realizar um processo estruturado de análise para adoção dessas tecnologias da maneira mais adequada, minimizando as falhas que possam ocorrer, se não forem considerados diversos fatores importantes no processo de decisão. Em geral, as metodologias de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura se mostram complexas, porque as ferramentas de análise econômica, na maioria dos casos, são insuficientes para dar suporte no processo de decisório.

Conforme apresentado pelos autores consultados e confirmado na primeira pesquisa de campo, existem diversos casos de adoção de AMTs onde os resultados esperados não foram alcançados. Um processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura que for mal conduzido pode abalar a saúde financeira de uma empresa, principalmente porque se tratam, em geral, de grandes valores envolvidos nesse tipo de investimento.

Diversas ferramentas mais completas de análise foram apresentadas pelos autores, englobando fatores internos e externos da empresa, tais como: mão-de-obra, concorrência,

etc., entretanto, não foi possível identificar uma ferramenta que fosse adequada ao mercado brasileiro, em particular, empresas metalúrgicas de grande porte.

Nesse capítulo será apresentada a proposta de metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura para empresas metalúrgicas de grande porte, levando em consideração o mercado brasileiro.

## 4.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Alguns fatores são considerados essenciais para a realização da adoção de tecnologias avançadas de manufatura, conforme dados da bibliografia e aqueles identificados na primeira pesquisa de campo. São eles: análise financeira, análise dos ganhos de qualidade, análise dos ganhos de flexibilidade, avaliação dos aspectos humanos, verificação da manutenibilidade da AMT, teste de uso da AMT, determinação dos ganhos esperados, determinação do método de mensuração dos ganhos e avaliação de risco.

Esses fatores essenciais foram considerados na metodologia proposta que será apresentada no decorrer desse capítulo. Cada um desses fatores será descrito de forma que possa ser utilizado no processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

O objetivo de estabelecer esses fatores foi encadear um processo de análise, que possa cobrir lacunas importantes em um processo de análise para adoção de AMTs, tais como: fatores financeiros, fatores humanos, fatores técnicos, fatores de mercado, etc. Para muitas empresas a utilização desses fatores não é novidade, no entanto, o desenvolvimento de uma metodologia que faça a relação desses fatores facilitará o processo de análise completa para adoção das AMTs.

Pode-se perceber, através da literatura e da primeira pesquisa de campo, que existem fatores que limitam ou conduzem o processo de análise para o investimento em AMTs. São eles: Filosofia da empresa, Influência da Matriz e Influência do Mercado (análise da concorrência).

Não se pode aplicar a proposta de metodologia para qualquer tipo de empresa, independente do tipo de AMT a ser adotada. Além de considerar os fatores limitantes é necessário que a empresa respeite a classificação de Fujimoto (1997), sendo classificada em: “Automação de baixo custo” e “Automação de alta tecnologia”. Aquelas empresas

classificadas em: “Automação para Motivação do Ser Humano” e “Automação Adequada ao Ser Humano” devem procurar realizar o processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura através de metodologias específicas<sup>7</sup>.

#### 4.3 FORMULAÇÃO GERAL DA METODOLOGIA PROPOSTA

Conforme citado no início desse capítulo, existem algumas etapas essenciais no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, a fim de minimizar as falhas decorrentes desse investimento, sendo elas: análise financeira, análise dos ganhos de qualidade, análise dos ganhos de flexibilidade, avaliação dos aspectos humanos, verificação da manutenibilidade da AMT, teste de uso da AMT, determinação dos ganhos esperados, determinação do método de mensuração dos ganhos e avaliação de risco.

Os fatores considerados essenciais foram introduzidos na metodologia em forma de fluxograma com o objetivo de criar um encadeamento de etapas a serem seguidas no processo de análise para tomada de decisão.

Cada uma das nove etapas será descrita no decorrer do capítulo, assim como, sua aplicabilidade. O intuito é descrever uma metodologia que possa ser útil no processo de análise para tomada de decisão. A primeira etapa da metodologia proposta trata dos fatores limitantes, a qual irá delimitar o universo de empresas a qual se aplica a metodologia proposta.

Algumas etapas da metodologia proposta são compostas de sub-etapas, como é o caso da análise econômica. Nesses casos, não se faz necessário que todas as ferramentas sejam utilizadas, mas pelo menos uma delas ou uma ferramenta similar de análise.

Algumas das etapas da metodologia proposta apresentam uma ferramenta para realização da análise, é importante frisar que essas ferramentas não são as únicas disponíveis na literatura, porém são as que melhor atendem as necessidades das indústrias metalúrgicas, seja pela sua fácil aplicação ou pelo resultado que elas trazem. No entanto, pode-se fazer uso de outras ferramentas similares que a empresa disponha para realização dessas análises.

---

<sup>7</sup> Não foi objeto desse estudo a proposta de metodologia de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura em empresas que não possuem uma filosofia adequada em relação à utilização de AMTs. Para empresas com essas características recomenda-se a utilização de ferramentas de análise isoladas, tais como: *Pay-back*, análise de ganho de vantagem competitiva, etc.



As nove etapas da proposta de metodologia de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, podem ser visualizadas na figura 4.1, abaixo:

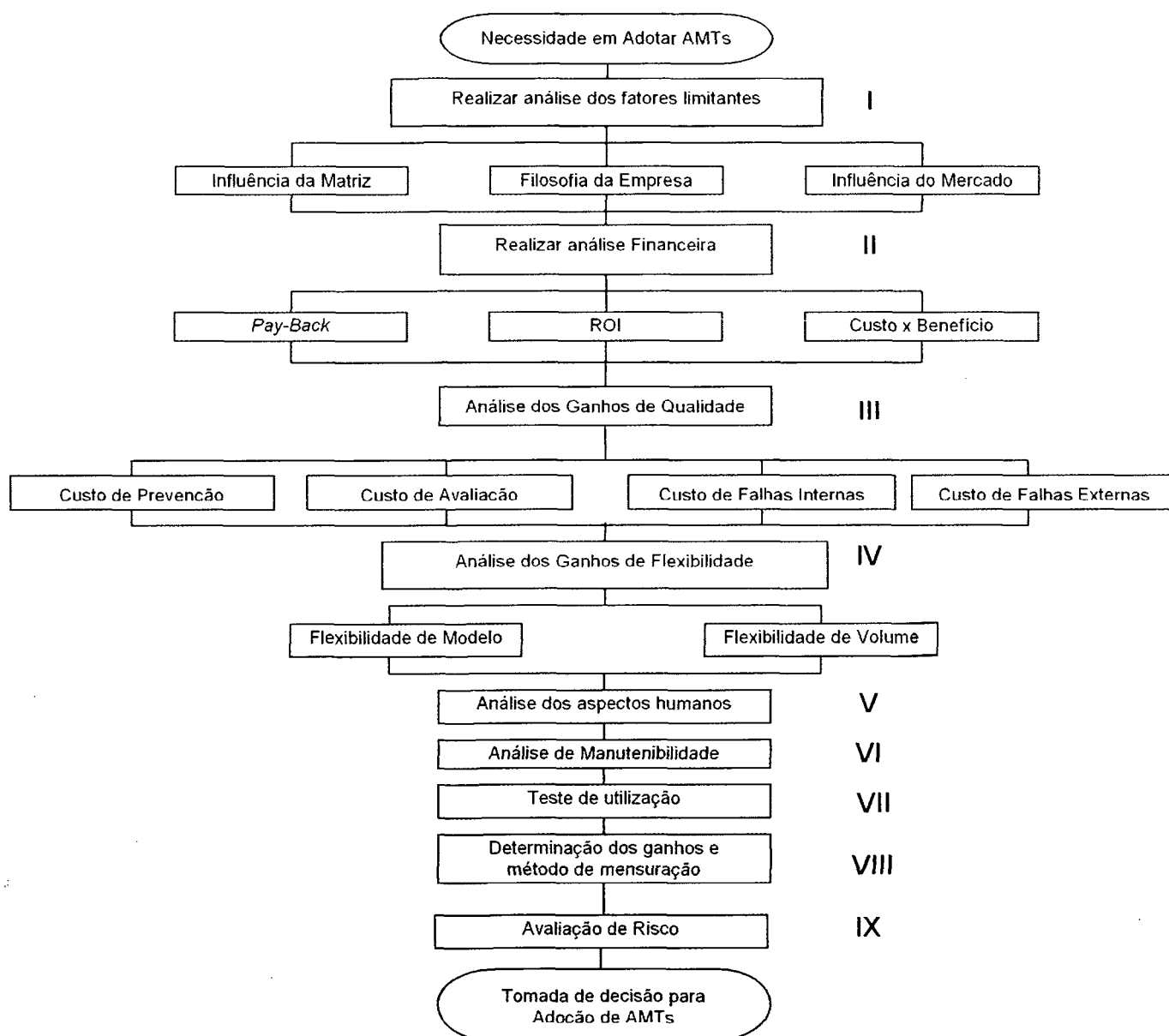


Figura 4.1 - Metodologia para Análise de Investimentos em AMTs

#### 4.3.1 FATORES LIMITANTES NO PROCESSO DE ADOÇÃO DE AMTs

(Item I da Figura 4.1)

O processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura depende de fatores intrínsecos da empresa, que muitas vezes limitam a análise para uma correta adoção, esses fatores são: filosofia da empresa, influência da matriz e influência do mercado.

#### 4.3.1.1 Filosofia da empresa

Muitas empresas realizam investimentos em tecnologias avançadas de manufatura porque a busca pela sua sobrevivência depende de tal investimento. Muitas dessas empresas estão preparadas para realizar análise de investimentos em AMTs, enquanto outras, que não possuem uma tendência para realização de tal investimento, apresentam dificuldades no processo de análise para investimentos em tecnologias avançadas de manufatura.

A filosofia da empresa tem influência direta no processo de análise de investimentos para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, conforme apresentado por Ansoff (1987) e Frohlich (1998). Existem empresas que são focadas em avanços tecnológicos e obtém resultados positivos, tais como aumento de rentabilidade e divisão de mercado através de vantagem competitiva com uso de novas tecnologias de processo. No entanto, existem empresas que não estão voltadas para esse tipo de aplicação, não possuem uma estrutura que suporte um avanço tecnológico, seja em questões técnicas ou culturais.

A preparação da empresa, seja em estrutura ou em mão-de-obra preparada para utilização da tecnologia avançada de manufatura é fundamental no processo de análise para decisão na adoção de AMTs, conforme citado por Boyer (1997).

O processo de transformação da empresa em consequência de um investimento em tecnologias avançadas de manufatura pode ser conduzido de forma natural para empresas que possuem uma filosofia direcionada para esse tipo de investimento. As empresas que não possuem uma filosofia investimentos em novas tecnologias de manufatura podem sofrer diversas dificuldades específicas.

O papel da alta administração e a visão empresarial voltada para desafios e obstáculos que surgem no processo de adoção de tecnologias avançadas e manufatura são fatores chave para o sucesso de sua implementação. Chung (1991) considera um fator fundamental para o sucesso no processo de adoção de AMTs o comprometimento e entendimento do processo de mudança, advindo desse tipo de investimento, por parte da alta administração de uma empresa.

Um dos fatores principais para o sucesso da implementação de tecnologias avançadas de manufatura é a preparação da mão-de-obra, direta e indireta, na utilização e manutenção da AMT. Empresas com grande capital intelectual possuem uma chance muito maior de serem

bem sucedidas no processo de adoção de novas tecnologias, conforme citado por Glasmeier et. al. (1998). Esse capital intelectual será buscado em empresas voltadas para investimentos em AMTs. As empresas que não possuem tal filosofia, geralmente, terão que buscar esse conhecimento para garantir o sucesso da implementação das tecnologias avançadas de manufatura, o que irá dificultar o processo de adoção.

Empresas que não possuem uma filosofia voltada para adoção de tecnologias avançadas de manufatura podem realizar investimentos em AMTs, no entanto, devem ter o cuidado de realizar diversas adequações, sejam de ordem técnica, gerencial ou cultural.

#### 4.3.1.2 Influência da Matriz

A influência da matriz no processo de análise de investimento para adoção de tecnologias avançadas de manufatura pode ocorrer de maneira branda, ou seja, a matriz indica a necessidade do investimento e até mesmo pode direcionar para algumas tecnologias que sejam de prévio conhecimento da empresa matriz.

Por outro lado, essa influência pode ser de maneira mais incisiva, retirando a autonomia da empresa na decisão para adoção da AMT. A influência da matriz no processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura é um fator que deve ser considerado no processo de análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura.

De nada adianta adotar uma metodologia para análise de investimentos em AMTs se a decisão couber a matriz da empresa. As análises apresentadas nesse capítulo são de grande utilidade no caso de independência na tomada de decisão da empresa filial, ou quando for necessário apresentar um cenário para a matriz.

#### 4.3.1.3 Influência do Mercado

O mercado pode, muitas vezes, exercer um papel importante no processo de análise de investimento na adoção de tecnologias avançadas de manufatura. Nos estudos realizados por Abdel-Kader e Dugdale (2001), a análise de mercado deve ser realizada levando-se em consideração dois fatores: volatilidade de demanda e tempo de vida do mercado. Como os investimentos em AMTs, em geral, representam valores representativos para as empresas, é

necessário que se tenha um mercado capaz de consumir o suficiente a fim de balancear os investimentos realizados.

A análise de mercado, além de considerar o fator de aceitação da tecnologia, deve considerar o efeito da concorrência, conforme citado por Chung (1991). Investimentos em tecnologias avançadas de manufatura que trazem melhorias da qualidade e redução de custo, nem sempre ocasionam melhoria da rentabilidade, porque esses fatores podem não ter impacto sobre a divisão de mercado (*market share*), porque a concorrência também pode estar investindo na mesma tecnologia e, nesse caso, a empresa não terá um diferencial.

Segundo Kakati (1997) o estudo da divisão de mercado não pode estar baseado nas características do produto, é um erro fazer investimentos em tecnologias avançadas de manufatura esperando um aumento da divisão sem que antes se faça uma pesquisa de mercado ou investigação mais aprofundada do impacto da tecnologia sobre o mercado alvo.

A falta de visão do mercado foi denominada de “miopia”, por Kakati (1997), porque muitas empresas não enxergam oportunidades de investimento em tecnologias avançadas de manufatura, perdendo sua vantagem competitiva.

Considera-se a análise de mercado como fator limitante no processo de análise de investimentos para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, porque pode existir a necessidade do investimento por pressão do mercado. AMTs como usinagem de precisão, estampagem, logística integrada, etc., muitas vezes são adotadas por exigência do mercado.

Nesses casos, mesmo que a empresa considere que não haverá fluxo de caixa para adoção das AMTs, deverá procurar maneiras de realizar a adoção para poder sobreviver no mercado. A análise do investimento acaba se tornando supérflua.

A situação inversa acontece quando o mercado não está preparado para adquirir os benefícios da tecnologia avançada de manufatura a ser adquirida. Um exemplo é o uso de EDI (*Electronic Data Interchange* - Transferência Eletrônica de Dados) em um mercado onde essa tecnologia não está disseminada.

#### 4.3.2 ANÁLISE FINANCEIRA (Item II da Figura 4.1)

Após a verificação dos fatores limitantes, a análise financeira é o primeiro passo a ser seguido para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, tanto porque existem limitações

do fluxo de caixa, quanto do fator ganho financeiros a serem analisados para o investimento. Algumas formas de análise financeira clássicas podem ser utilizadas para uma primeira avaliação, no entanto, é preciso deixar claro que existem outras ferramentas de análise financeira que podem ser utilizadas e que trazem resultados parecidos. As ferramentas propostas nessa metodologia são:

#### 4.3.2.1 Análise de *Pay-Back*<sup>8</sup>

A análise econômica mais comum e mais utilizada para análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, é a análise de *Pay-Back*, conforme citado por Small e Chen (1997). No entanto, segundo Kaplan (1986), exige-se muito conhecimento da pessoa responsável pela tomada de decisão em relação aos custos relacionados a esse investimento, podendo-se compará-la com um médico que irá realizar uma cirurgia, ou seja, quanto maior for sua experiência e conhecimento, maior será sua chance de acerto.

A análise de *Pay-Back* consiste da verificação do período necessário para recuperar o investimento realizado no presente, ou seja, o tempo de retorno do investimento.

No entanto a análise de *pay-back* é muito simplificada, não considerando os efeitos da inflação, fluxo de caixa, variação da taxa de juros e outros fatores das condições de contorno na análise do investimento. Mesmo com suas deficiências, a análise de *pay-back* continua sendo um bom indicativo do investimento a ser realizado, porque sua tendência é subestimar os ganhos com a realização do investimento e, sendo assim, serve com um bom direcionamento em relação ao resultado da adoção da AMT.

Apesar de ser amplamente utilizada no processo de análise para investimentos em AMTs, a análise de *Pay-Back*, conforme citado por Small e Chen (1997), tornou-se mais uma ferramenta de medição de performance de aplicação das tecnologias avançadas de manufatura, do que, propriamente, uma ferramenta de tomada de decisão.

No caso da utilização da análise de *Pay-Back* como ferramenta de performance ela poderá ser associada à etapa “Determinação dos Ganhos” da metodologia proposta nessa dissertação.

---

<sup>8</sup> Para mais detalhes e exemplos de utilização da análise de *pay-back*, veja o Apêndice C.

#### 4.3.2.2 Análise de ROI<sup>9</sup>

O segundo método mais utilizado de análise econômica para análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura é o ROI (*Return on Investment*), conforme citado por Small e Chen (1997).

Porém, segundo Nejme (1995) um dos fatores que dificultam a análise de ROI é o fato de muitas empresas não possuírem uma estrutura que possibilite análise de custos por atividade (*activity based cost*)<sup>10</sup>.

A análise de ROI é muito simples, consiste do valor agregado do investimento sobre o valor investido, conforme mostra a figura 4.2, abaixo:

$$\boxed{\text{Resultado do Investimento} / \text{Valor Investido}}$$

Figura 4.2 - Análise de ROI

A análise de ROI, verifica se existe ganho financeiro no investimento, ao comparar a provável diminuição dos custos de manufatura em relação ao valor do investimento. Para uma avaliação mais precisa de ROI é importante que o levantamento dos custos de manufatura seja realizada com a utilização de ferramentas adequadas, como é o caso do uso do levantamento de custos por atividade (*activity based cost*).

#### 4.3.2.3 Análise de Custo x Benefício

A análise econômica de custo x benefício deve ser utilizada quanto o investimento em AMTs for relativa à substituição de um equipamento que já está sendo utilizado para a mesma finalidade.

Kakati (1997) define a análise de custo x benefício como sendo uma determinação de dois fatores: benefícios diretos e indiretos. Os benefícios diretos são aqueles relacionados aos ganhos de qualidade, de flexibilidade, tempo de ciclo (*leadtime*) e dependabilidade (fator de dependência da empresa em relação à tecnologia utilizada), enquanto os benefícios indiretos

---

<sup>9</sup> Para mais detalhes e exemplos de utilização da análise de ROI, veja o Apêndice C.

<sup>10</sup> O *Activity based cost* é uma forma de verificação dos custos de produção onde a separação dos custos é realizada por atividade no lugar de alocar por produto ou por processo produtivo.

estão relacionados com a concorrência, ou seja, alcançar os níveis tecnológicos da concorrência ou abrir novas oportunidades tecnológicas à frente dos concorrentes.

Como, em geral, os investimentos em tecnologias avançadas de manufatura representam quantias razoáveis, o responsável pela decisão no investimento pode ficar relutante em realizar a substituição de uma tecnologia que esteja sendo utilizada por uma nova, conforme citado por Kengpol e O'Brien e Smith (2001). Para facilitar essa decisão deve ser realizada uma análise econômica dos benefícios financeiros do investimento a serem alcançados em relação àqueles referentes aos custos aplicados, podendo se fazer uso de ferramentas de análise financeira, tais como taxa interna de retorno (IRR - *Internal Rate of Returns*)<sup>11</sup> ou valor presente líquido (NPV - *Net Present Value*)<sup>12</sup>.

Apesar da simplicidade aparente na análise de custo x benefício, O'Brien e Smith (1993) chamam a atenção da dificuldade que muitas empresas demonstram no levantamento dos custos e benefícios relacionados aos investimentos em tecnologias avançadas de manufatura.

Para facilitar a identificação dos custos e benefícios relacionados a investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, diversos autores fazem uso de estudos de caso, conforme citado por Small e Chen (1997).

A experiência de outras empresas deve ser utilizada, existem diversos autores que estudaram o processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura e esses casos podem ajudar muito na identificação de custos relativos e esse tipo de investimento.

Segundo Atkinson et. al. (2000), a análise de custo para um investimento deve se basear nos custos recuperáveis e nos irre recuperáveis<sup>13</sup>, ou seja, aqueles que podem ser evitados e aqueles que independem do investimento a ser realizado.

Um exemplo clássico é o caso de uma máquina que possui financiamento. Caso essa máquina seja substituída, o valor da prestação do seu financiamento é considerado

---

<sup>11</sup> Para mais detalhes sobre a ferramenta: Taxa Interna de Retorno, ver Apêndice C.

<sup>12</sup> Para mais detalhes sobre a ferramenta: Valor Presente Líquido, ver Apêndice C.

<sup>13</sup> Os custos irre recuperáveis são aqueles que irão incidir sobre a manufatura independentemente do investimento ser realizado. Nesse caso, não devem fazer parte na análise de custo x benefício. Por outro lado, se a máquina a ser substituída for vendida, esse aporte de capital fará parte dos custos recuperáveis.

irrecuperável, nesse caso não deve ser levado em consideração na análise de custo x benefício. Por outro lado, a diminuição de retrabalho associado ao investimento é um custo recuperável.

Os custos recuperáveis devem ser levados em consideração em uma análise de investimento através de análise de custo x benefício, sendo que devem ser descartados os custos irre recuperáveis.

A análise de custo x benefício pode ser realizada segundo a figura 4.3, abaixo:

$$\text{custo do investimento} \leq \text{custo recuperaveis}$$

Figura 4.3 - Análise de custo x benefício

Mesmo que não haja benefícios financeiros em uma substituição de tecnologia, a análise de Custo x Benefício pode ser utilizada para aqueles investimentos que melhoram a segurança, ergonomia, diminuem os prejuízos à saúde, etc.

No entanto, mesmo que um investimento seja realizado com esses fins (sem ganhos financeiros), deve ser feita uma análise do impacto do investimento no fluxo de caixa da empresa, caso contrário, pode-se gerar uma falta de capital em um momento de necessidade mais imediata para a empresa.

#### 4.3.2.4 Conclusões sobre a Análise Financeira

Foram apresentadas três ferramentas de análise financeira para investimentos em tecnologias avançadas de manufatura. Sua utilização isolada poderá trazer uma primeira visualização das vantagens ou desvantagens em relação ao investimento, no entanto, é apenas um indicativo, porque diversos fatores, tais como: ganhos de qualidade e ganhos de flexibilidade, não são analisados em ferramentas de análise financeira.

#### 4.3.3 ANÁLISE DOS GANHOS DE QUALIDADE (Item III da Figura 4.1)

Dentre os muitos ganhos advindos da adoção de tecnologias avançadas de manufatura estão os ganhos de qualidade. As AMTs diminuem falhas, aumentam a confiabilidade, diminuem os custos de avaliação, entre outros benefícios.



Os ganhos de qualidade são de extrema importância na análise para o investimento em AMTs, principalmente pelo seu impacto nos custos de manufatura e no ganho de vantagem competitiva, conforme citado por Porter (1989).

Para Atkinson et. al. (2000), os ganhos de qualidade não devem ser considerados diretamente em uma análise de investimentos para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, no entanto, possuem um impacto muito importante na imagem da empresa e em fatores financeiros que são consequências do investimento na melhoria da qualidade.

O que o autor quis demonstrar é que o aspecto qualidade em si não pode ser avaliado diretamente, ou seja, cada empresa possui suas próprias ferramentas de avaliação da qualidade e sujeitar uma análise genérica de ganho de qualidade em uma metodologia de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura não seria possível. No entanto, existe uma forma simples de avaliação da qualidade se forem considerados os custos envolvidos no processo de ganhos de qualidade.

A melhoria da qualidade é um fator principal no ganho de parcela de mercado (*market share*) e no aumento da margem de lucro, através da diminuição geral do custo de fabricação, conforme citado por Saleh (2001). Essa diminuição de custo de fabricação, está ligada diretamente aos seguintes fatores:

- Menos retrabalho, desperdício, movimentação de material e acabamentos nos produtos;
- Menos retorno de produtos com defeito dos clientes e consequentemente menos custo de frete;
- Menos horas de inspeção e testes e consequentemente menos postos de trabalho de inspeção;
- Menos serviço de recebimento de reclamações e consequentemente menos funcionários trabalhando no serviço de atendimento a clientes e análises técnicas de reclamações de clientes.

Uma forma simples de analisar os ganhos de qualidade, se faz através do método do custo de qualidade. Os custos da qualidade são classificados em 4 categorias: custos de prevenção, custos de avaliação, custos de falhas internas e custos de falhas externas.

Quanto mais se investe em prevenção e avaliação menos irão ser os custos de falhas internas e externas, conforme mostra a figura 4.4, abaixo:

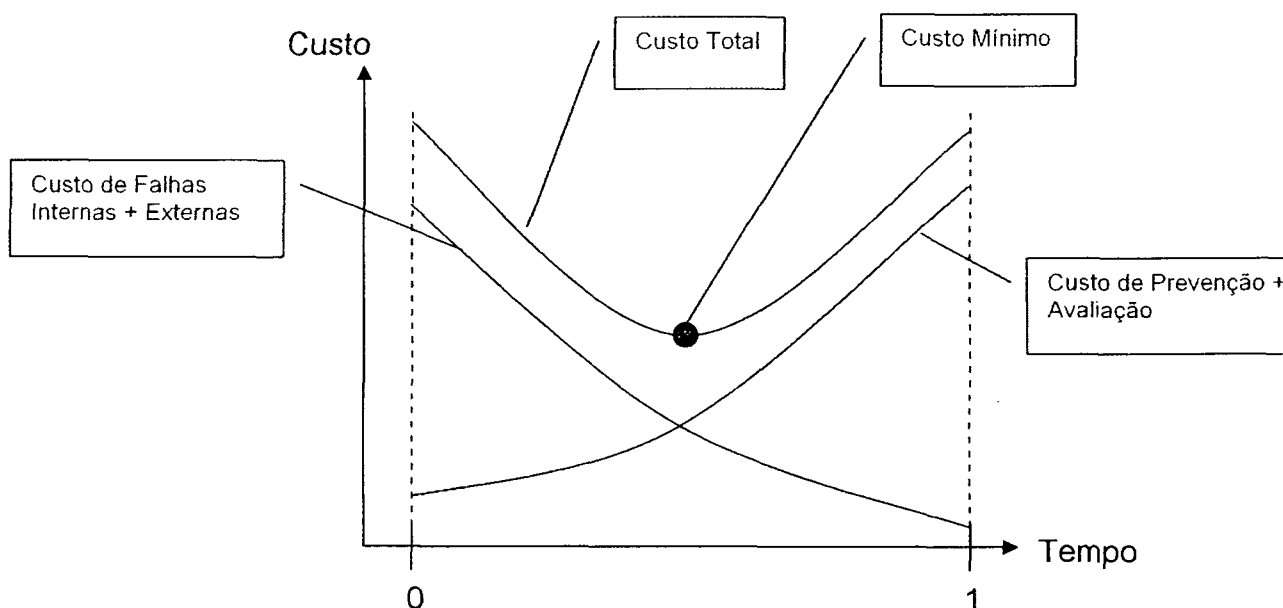


Figura 4.4 - Evolução dos custos da qualidade - Robles Jr. (1996)

O ponto mais baixo da curva de custo total representa o valor ótimo (Custo Mínimo), onde a soma dos custos de avaliação e prevenção se equilibra com os custos de falhas internas e externas. Para situações à esquerda do ponto ótimo, existe a necessidade de investir em ferramentas de melhoria da qualidade (melhoria da prevenção e avaliação), com o intuito de diminuir os custos de falhas.

Os pontos à direita da curva representam situações onde os investimentos em ferramentas de melhoria da qualidade não irão refletir em diminuição de custos de falhas suficientes para justificar o investimento. No entanto, muitas empresas necessitam trabalhar em situações equivalentes à região direita da curva por exigência do mercado.

Cada um dos custos da qualidade será mais bem descrito abaixo:

#### 4.3.3.1 Análise do Custo de Prevenção

Os custos de prevenção, segundo Robles Jr. (1996), são aqueles relacionados às despesas realizadas no processo de prevenção de falhas de qualidade. Exemplos clássicos desses custos são: FMEA, QFD, etc.

As despesas com análises de prevenção podem diminuir os custos relativos à falhas. As análises de prevenção são inerentes a novos projetos ou modificações no processo de fabricação.

Quando se faz uma análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, deve-se considerar se o processo irá se tornar mais robusto, levando a uma maior confiabilidade e uma menor necessidade de análises preventivas, diminuindo os custos de prevenção.

Tecnologias avançadas de manufatura, como é o caso do CAD/CAM, diminuem os custos de prevenção, porque possibilitam a realização de simulações nas etapas de projeto.

#### 4.3.3.2 Análise dos custos de Avaliação

Os custos de avaliação são aqueles relacionados com as inspeções realizadas para verificação da qualidade dos produtos. Exemplos clássicos de custos de avaliação são: Inspeção 100%, inspeção amostral, controle estatístico de processo, etc.

Em geral, as tecnologias avançadas de manufatura aumentam a confiabilidade do processo, podendo levar a uma diminuição dos custos de avaliação e, em alguns casos, até a sua completa eliminação.

#### 4.3.3.3 Análise dos custos de falhas internas

Os custos de falhas internas são aqueles relacionados às falhas surgidas nos produtos durante o processo de produção e identificados antes da realização da venda do produto. Nesse tipo de custo estão classificados os retrabalhos, refugos, reclassificações, etc.

Como já citado anteriormente, as tecnologias avançadas de manufatura, em geral, aumentam a confiabilidade do processo, diminuindo os custos de avaliação e, conseqüentemente, os custos de falhas internas.

As AMTs de automação são aquelas que possuem maior influência na diminuição dos custos de falhas internas, porque eliminam a variabilidade da mão-de-obra, para a realização de atividades produtivas.

#### 4.3.3.4 Análise dos custos de falhas externas

Da mesma forma que as falhas internas, as falhas externas são geradas por imperfeições no produto, contudo, as falhas externas são identificadas após o produto ter sido vendido, aumentando extraordinariamente seu custo final, não apenas por fatores diretos, como por exemplo: frete, indenização, multas, etc., mas, também, por fatores indiretos, como por exemplo: imagem da empresa, retenção de clientes, divisão de mercado, etc.

As tecnologias avançadas de manufatura, principalmente as tecnologias de automação, possuem uma grande influência na diminuição de falhas de processo, diminuindo muito esses custos.

#### 4.3.3.5 Conclusão sobre a Análise de Ganhos de Qualidade

A análise de Ganhos em relação à Qualidade pode ser realizada de diversas maneiras: através de índices internos (índice de refugo, retrabalho, auditoria de produto, etc.) ou índices externos (índice de reclamação de clientes, custos em garantia<sup>14</sup>, etc.).

A estrutura dos custos da qualidade, muito conhecido da literatura, facilita a compreensão e obtenção de dados de avaliação de investimentos.

#### 4.3.4 ANÁLISE DOS GANHOS DE FLEXIBILIDADE (Item IV da Figura 4.1)

Uma das formas de melhoria da vantagem competitiva entre as empresas, além da liderança em qualidade e custo se faz através da melhoria da flexibilidade, conforme citado por Upton (1995).

Em geral, as tecnologias avançadas de manufatura aumentam a flexibilidade da manufatura, em diversos aspectos. Conforme foi citado no Capítulo 02, a partir dos anos 60, diversas empresas investiram em AMTs com o intuito de automatizar os processos produtivos e aumentar a confiabilidade desses processos. Como resultado desses investimentos houve

---

<sup>14</sup> Custos em garantia se referem aos custos relacionados aos reparos realizados nos produtos que ainda estão no prazo de garantia. Incluem-se nestes custos aqueles relacionados a *Recall*, por exemplo.

uma grande perda de flexibilidade, principalmente de “flexibilidade de modelo (*Design*)”, devido à alta utilização de máquinas dedicadas ao processo (automação rígida).

As empresas, no passado, que tiveram suas linhas automatizadas de forma rígida, perderam a vantagem competitiva com a grande exigência de novos modelos devido à demanda de mercado (que exigiram lançamentos de novos modelos), sendo obrigadas a optar pela substituição dos processos automatizados e retornar aos processos manuais (que eram mais flexíveis).

No entanto, a partir dos anos 90, os equipamentos de manufatura evoluíram muito no quesito flexibilidade, onde foram introduzidos os “centros de usinagem”, “robôs programáveis”, etc. A automação tomou outro rumo, onde no passado consistia em caráter de rigidez passou a tomar um caráter de alta flexibilidade.

“A habilidade de se adaptar as mudanças de mercado são decisivas para as empresas permanecerem competitivas”. Os investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, que trazem aumento de flexibilidade, devem ser priorizadas para as empresas de alta tecnologia, conforme citado por Ware (1996).

Conforme citado por Proctor e Canada (1992), existem várias definições para flexibilidade de processo produtivo, que em geral, trazem o conceito de capacidade de adaptação a mudanças, sejam elas de modelo (mudanças de *design*), de demanda (taxa de demanda ou volume), ou ainda, de qualidade (adaptação a níveis de qualidade), de perdas por ociosidade (capacidade de diminuir a ociosidade com a variação de demanda), etc.

Os ganhos de flexibilidade devem fazer parte integrante da análise para investimentos em AMTs. Conforme citado por Proctor e Canada (1992), Saleh (2001) e Sarkis (1997). No mercado competitivo dos dias de hoje, a flexibilidade dos processos de manufatura é um diferencial da qual as empresas não podem abrir mão para sua sobrevivência.

No estudo de avaliação de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, utilizando o método da teoria Fuzzy, Abdel-Kader e Dugdale (2001) mostrou que dentre as diversas formas de avaliação da flexibilidade, aquelas de maior impacto para avaliação de investimentos em AMTs são as relacionadas ao aumento da flexibilidade de volume e de modelo.

Os ganhos de flexibilidade podem diferir entre as empresas que investem em AMTs, segundo pesquisa realizada por Boyer (1997), empresas de maior porte possuem um menor ganho de flexibilidade do que as menores, porque as empresas maiores tendem a sacrificar níveis de flexibilidade visando ganhos de escala.

Para a proposta de metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, serão utilizadas as avaliações dos ganhos de flexibilidade de volume e de modelo.

#### 4.3.4.1 Flexibilidade de Volume

A flexibilidade de volume, segundo Proctor e Canada (1992) e Saleh (2001), é aquela relacionada com a capacidade do processo produtivo se adaptar à mudança de volume de produção. Muitos processos produtivos, principalmente aqueles com um alto índice de mão-de-obra direta, possuem dificuldade de adaptação em caso de grande variação de volume de produção.

Um exemplo clássico desse tipo de dificuldade de adaptação é o caso da pintura automotiva: uma variação de volume de produção requer um aumento ou diminuição da velocidade da linha de pintura. Nesses casos, o pintor deve adequar o leque da pistola e a velocidade de aplicação da tinta na carroceria para que haja uma correta cobertura (preenchimento) e para que não seja aplicada tinta em excesso (falhas de pintura), sendo que é normal que existam algumas falhas no processo de adaptação à nova velocidade. Em um processo automatizado, não existe esse tipo de problema, porque o robô se adapta instantaneamente a variação de velocidade da linha, bastando apenas inserir um novo programa de produção no controlador do robô.

Um aspecto negativo que pode ser considerado na automação de linhas produtivas, quando se leva em consideração à flexibilidade de volume, mais especificamente na diminuição de volume, é aquele relacionado com o custo da máquina ociosa (principalmente se for considerado o alto valor, normalmente, relacionado com esse tipo de investimento).

Por outro lado, conforme será apresentado na parte 4.4.4 desse capítulo, caso não exista um processo automatizado, a diminuição de volume pode acarretar em custos ligados a aspectos humanos, como: diminuição da motivação para o trabalho, aumento de falhas, etc.

Para realizar a análise de investimento em tecnologias avançadas de manufatura, em relação ao aspecto flexibilidade de volume, a empresa deve verificar se a AMT irá

proporcionar um nível de flexibilidade compatível com aquele necessário para atender as necessidades da manufatura.

#### 4.3.4.2 Flexibilidade de Modelo

A demanda por novos modelos de produtos é evidente no mercado brasileiro dos dias de hoje. Um exemplo clássico são os modelos de automóveis: no ano de 2003 foram lançados 6 novos modelos de carros de passeio pelas 4 maiores empresas desse setor no Brasil.

Conforme citado no Capítulo 02, a Fiat Automóveis, através da utilização de automação flexível (uso de AMTs com alta flexibilidade) foi capaz de produzir 3 modelos diferentes de veículos em uma mesma linha de soldagem de carrocerias, diminuindo muito os custos de mão-de-obra direta, custos de instalação predial, etc.

O mercado metalúrgico é ainda mais competitivo, quando se leva em consideração o aspecto relacionado com a capacidade de adaptação a novos modelos. A flexibilidade de modelo não trata apenas da capacidade de adaptação do processo produtivo a uma modificação de projeto, mas sim a capacidade de adaptação em um tempo e a um custo o menor possível.

As tecnologias avançadas de manufatura diminuem os custos de adaptação de novos modelos, conforme citado por Sarkis (1997). Quando se faz referência à flexibilidade de modelo, não se pode apenas focar nos custos diretos da adaptação, mas também os indiretos, tais como: atendimento a novos clientes e mercados, concorrências, licitações, imagem empresarial, etc.

Para realização da análise de investimentos para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, em relação ao aspecto flexibilidade de modelo, a empresa deve verificar se a AMT irá proporcionar um nível de flexibilidade compatível com aquele necessário para atender as necessidades da manufatura.

#### 4.3.4.3 Conclusão sobre a Análise dos Ganhos de Flexibilidade

Conforme justificado no início do capítulo, para essa proposta de metodologia serão consideradas importantes as análises de flexibilidade de volume e de modelo (*design*). Quando a empresa for realizar a análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura deve verificar se a nova tecnologia irá atender às necessidades de flexibilidade pretendidas.

Uma das melhores formas de realização de tal análise se faz através do teste de uso, conforme será apresentado na sequência desse capítulo.

#### 4.3.5 AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS HUMANOS (Item V da Figura 4.1)

Muitas empresas pecam no processo de análise de investimento para adoção de tecnologias avançadas de manufatura porque renegam os aspectos humanos relacionados com esse tipo de investimento.

Não se pode, em geral, realizar o processo de manufatura sem que haja a participação de seres humanos. As pessoas ligadas a um processo produtivo possuem anseios, sejam ligados à manutenção do emprego, ascensão profissional, enriquecimento do conhecimento, etc.

Os investimentos em tecnologias avançadas de manufatura podem ocasionar um cenário de mudança para os colaboradores. O gerenciamento dessa mudança é fundamental para o sucesso da implantação de uma AMT.

As tecnologias avançadas de manufatura possuem um papel ambíguo relacionado aos aspectos humanos no processo produtivo. Para Boyer et al. (1997), as AMTs podem gerar um desconforto perante a força de trabalho direta, porque embutem um fator social negativo, normalmente ligado à substituição da mão-de-obra e ao desemprego. Por outro lado, trazem o aspecto de proporcionarem um trabalho em um nível mais elevado, dando oportunidade de mais treinamento, responsabilidade, enriquecimento profissional, etc.

Segundo pesquisa realizada por Lee (1996), a implantação de AMTs, em específico FMS, gera um fator motivacional na força de trabalho, trazendo uma melhor imagem da empresa e um aspecto de melhor competitividade, aumentando o sentimento de orgulho dos operários.

Os investimentos em tecnologias avançadas de manufatura podem ser dificultados pela resistência à mudança imposta, não só pela mão-de-obra direta, mas pela gerência da empresa. Segundo Ansoff (1987) a alta administração de uma empresa tem a tendência de basear os resultados obtidos na forma de trabalho que está sendo realizada no presente. No entanto, o mercado e os competidores estão em constante processo de mudança e se a empresa não enxergar essa oportunidade de mudança irá, fatalmente, sofrer as consequências.



Deve existir uma boa condução do processo de transformação tecnológica, que geralmente está embutido no processo de adoção de AMTs, no que se refere ao papel da empresa frente à resistência à transformação por parte dos funcionários, conforme citado por Chung (1991).

Conforme dados levantados por Cleland (1995), de 50 a 75 % dos processos de adoção de tecnologias avançadas de manufatura falham porque não levam em consideração os aspectos humanos relacionados a esse tipo de investimento. Cleland (1995) cita uma passagem do Relatório de Avaliação do Escritório de Tecnologia do Governo dos Estados Unidos de 1984:

“A maior barreira para implementação de programas de tecnologia de automação não são técnicas, mas sim relativas a custo, fatores organizacionais da empresa, avaliação da capacitação da mão-de-obra e o impacto social dessas tecnologias”.

Em algumas situações, os resultados esperados pela aplicação de AMTs podem ser atingidos sem a necessidade desse investimento. Dalton (1998) apresenta diversos estudos de caso onde ganhos expressivos de flexibilidade foram alcançados apenas com o treinamento adequado da mão-de-obra direta.

A capacitação da mão-de-obra, na análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, segundo Saleh (2001), consiste em verificar se os colaboradores possuem as habilidades necessárias para operar a nova AMT. Os treinamentos relacionados com a capacitação da mão-de-obra devem ser planejados em um período suficiente dentro do cronograma para instalação e utilização da tecnologia avançada de manufatura.

A capacitação da mão-de-obra e a preparação dos funcionários para aplicação de novas tecnologias na indústria foram estudadas por Glasmeier (1998). O autor cita que para uma boa adaptação a esse tipo de mudança devem ser considerados dois aspectos do ser humano: adaptação técnica e comportamental. Segundo o autor, a alta administração da empresa presta mais atenção no primeiro aspecto do que no segundo, sendo que a motivação para o trabalho acaba dificultando o processo de adoção de novas tecnologias. Para diminuir o impacto negativo do aspecto comportamental na mudança tecnológica, o autor sugere que sejam implantados programas ou ferramentas de informação, onde fique claro o objetivo da empresa para todos os níveis da organização.

Traçando um paralelo com a evolução da indústria automobilística, Hard e Knie (2001) exemplifica o impacto da evolução tecnológica no ambiente social. As organizações muitas vezes, ao buscar o lucro, esquecem do impacto que novas tecnologias podem trazer em aspectos como nível de emprego, poluição, etc., conforme citado por Jamison (2001).

A questão da oferta de emprego relacionada com a adoção de tecnologias avançadas de manufatura foi estudada por Harrison (1994) e Vivarelli (1996). Segundo dados apresentados por Harrison (1994), em 1993, metade dos empregos gerados nos Estados Unidos foram de meio expediente. Nos estudos realizados por Vivarelli (1996) na Itália, a evolução tecnológica apresenta dois aspectos contraditórios: a inovação nos produtos aumenta a oferta de emprego, enquanto a inovação nos processos produtivos a diminui.

#### 4.3.5.1 Conclusão sobre a Análise dos Aspectos Humanos

Para realização da análise de investimento na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, deve verificar a capacidade dos funcionários em relação a essa nova tecnologia e preparar esses funcionários para utilizar a AMT. Deve-se procurar realizar uma boa comunicação em relação às mudanças trazidas pela tecnologia de manufatura a ser implementada e verificar os custos relativos a esses aspectos humanos.

#### 4.3.6 VERIFICAÇÃO DA MANUTENIBILIDADE DA AMT (Item VI da Figura 4.1)

Toda AMT necessidade de manutenção, nesse caso, o fator manutenibilidade, o qual se refere à capacidade de ser realizada a manutenção do equipamento possui dois impactos primários: o primeiro diz respeito ao custo da manutenção propriamente dita (custo de peças, das horas pagas a especialistas, etc.), o outro aspecto está relacionado ao custo de horas/máquina parada.

Ao ser analisada a manutenibilidade da AMT a ser adquirida, deve ser verificados o custo do estoque de peças necessário, o tempo de espera por peças ou serviços que sejam necessários, etc., porém o principal fator diz respeito ao treinamento da mão-de-obra especializada na manutenção da tecnologia avançada de manufatura a ser adquirida.

Outro fator ligado diretamente ao fator da manutenibilidade está relacionado à integração da AMT com os equipamentos e softwares existentes e a serem adquiridos pela empresa, conforme citado por Saleh (2001) e Boyer (1997).

A questão da integração da tecnologia de manufatura a ser adquirida é muito importante na análise de investimento. Pode-se citar o exemplo de softwares, os quais necessitam de equipamentos suficientes para poderem oferecer um desempenho compatível com a necessidade da empresa. Outro exemplo são as redes de sistemas de informação, que devem dar suporte às tecnologias integradas, sejam softwares ou equipamentos de manufatura que necessitem de monitoração remota.

#### 4.3.6.1 Conclusão sobre a Análise da Manutenibilidade

Qualquer tecnologia avançada de manufatura necessita de suporte técnico, mesmo para operação do sistema. A preparação do ambiente de trabalho para dar suporte a essa tecnologia deve ser avaliada cuidadosamente durante o processo de análise do investimento.

#### 4.3.7 TESTE DE USO DA AMT (Item VII da Figura 4.1)

Muitas empresas não se dão conta da importância de realizar um teste de uso de uma AMT a ser adquirida. Esse teste, não só evita futuros problemas de manutenção, capacitação de mão-de-obra, etc., como também serve como referencial para levantamento dos índices dos resultados buscados com tal investimento.

Burcher e Lee (2000), mostrou em suas pesquisas que grande parte das empresas não atinge os objetivos projetados para o investimento em tecnologias avançadas de manufatura, principalmente porque não conhecem ao certo sua efetividade. Os testes de uso iriam diminuir as surpresas advindas desse tipo de investimento.

A Fiat Automóveis sofreu com a falta de teste da AMT a ser utilizada. A empresa passou por diversas fases, desde a implementação da automação rígida, até a utilização de tecnologias avançadas de manufatura apenas nos postos corretos, conforme apresentado por Camuffo e Volpato (1997). Os custos desse tipo de implementação poderiam ter sido evitados se a Fiat Automóveis tivesse realizado testes antes da adoção das AMTs.

#### 4.3.7.1 Conclusão sobre a Análise de Teste de Uso

É muito importante que a análise de investimentos para adoção de tecnologias avançadas de manufatura faça uso do teste de uso da nova tecnologia, preferencialmente em condições reais de uso, com velocidade de produção e ambiente fabril reais. O teste de uso pode trazer diversas informações, tais como: índice de flexibilidade do equipamento, índice de qualidade e manutenibilidade. Muitos problemas futuros podem ser evitados com a realização dessa etapa da análise de investimentos.

#### 4.3.8 DETERMINAÇÃO DOS GANHOS ESPERADOS E MÉTODO DE MENSURAÇÃO (Item VIII da Figura 4.1)

Após serem realizadas as análises anteriores, citadas nesse capítulo, se faz necessário realizar uma análise dos ganhos esperados com a adoção da AMT. A princípio o cenário que se apresenta em um processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura é de ganhos representados nas análises anteriores (análise econômica, ganhos de qualidade, flexibilidade, etc.). No entanto, existem diversos ganhos advindos de adoção de AMTs que não são quantificáveis e que podem ser decisivos em um processo de adoção, como por exemplo: imagem empresarial, aumento da capacidade gerencial, melhoria da motivação da mão-de-obra, etc.

Diversos autores como Boyer (1997), Burcher e Lee (2000), Chan (2001), Chung (1991), Demmel e Askin (1996), Kakati (1997), Karsak e Tolga (2001), Kengpol e O'Brien e Smith (2001), Kim et. al. (1997), Lee (1996), MacDougall (2003), Millen (1998), Moerman (1988), Mohanty e Deshmukh (1998), Nagai (2001), O'Brien e Smith (1993), Proctor e Canada (1992), Punniyamoorthy e Regavan (2003), Ron (1995), Saleh et. al. (2001), Small e Chen (1997), Sohal (1996), Talluri e Yoon (2000), Yusuff et. al. (2001) e Zhao e Co. (1997), concordam que os investimentos em tecnologias avançadas de manufatura possuem um impacto direto em 3 potenciais de ganhos principais: ganhos de qualidade, flexibilidade e ganhos financeiros.

No entanto, muitas empresas pecam na determinação da projeção dos ganhos, principalmente por conhecer pouco o impacto do investimento em AMTs sobre esses aspectos. Grande parte dos autores apresenta estudos de caso de empresas que não conseguiram atingir os ganhos esperados na adoção de AMTs.

Para diminuir a frustração na mensuração dos ganhos obtidos, deve-se prestar muita atenção no momento da determinação dos ganhos esperados com a adoção de tecnologias avançadas de manufatura. Uma das formas de realizar tal projeção de ganhos se faz através da análise de estudos de caso.

Após a adoção da tecnologia avançada de manufatura, é preciso que se faça uma mensuração dos ganhos alcançados, tanto para realizar a justificativa de novos investimentos como para realizar adequações na tecnologia previamente adotada.

O estudo da mensuração dos ganhos com investimento em AMTs foi amplamente estudado por Burcher e Lee (2000), Ron (1995) e Sohal (1996). O primeiro passo na determinação dos métodos de mensuração dos ganhos é diferenciar aqueles fatores que são tangíveis dos intangíveis. Os fatores tangíveis normalmente utilizados na medição de desempenho de tecnologias avançadas de manufatura são: ganhos financeiros, tempo de ciclo e divisão de mercado. Os fatores intangíveis são: ganho de qualidade, flexibilidade e imagem empresarial.

Para determinação dos índices de ganhos financeiros a empresa pode fazer uso de ferramentas como margem de lucro, rentabilidade, etc. A determinação do tempo de ciclo pode ser realizada com avaliação do tempo de *set-up*, tempo de avaliação da qualidade, etc. A avaliação da divisão de mercado é realizada de forma direta.

Para os fatores intangíveis a empresa pode utilizar índices próprios ou através da análise de comparação com a concorrência ou índices globais de desempenho.

#### 4.3.8.1 Conclusão sobre a Análise dos Ganhos Esperados e Métodos de Mensuração dos Ganhos

Para análise de investimentos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura se faz necessário que sejam determinados os ganhos esperados com o investimento, não apenas para realização do processo de adoção, mas para verificar se a AMT escolhida irá atender os anseios da empresa.

Para análise de investimentos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, a determinação dos métodos de mensuração dos ganhos é fundamental, principalmente porque essas análises podem ocorrer desde o princípio da aplicação da nova tecnologia. Durante o

processo de decisão de adoção de tecnologia, é preciso levar em consideração a possibilidade de mensuração dos parâmetros selecionados como índices de desempenho da AMT.

#### 4.3.9 AVALIAÇÃO DE RISCO (Item IX da Figura 4.1)

Para se ter uma boa análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, se faz necessário realizar uma análise de risco. Dentre as ferramentas de avaliação de risco apresentada pelos autores, a que parece surtir mais efeito e ser de mais fácil aplicação é o Método AHP (*Analytical Hierarchy Process*).

O método AHP apresentado por Carter (1992), Leung (1992), Monhanty e Deshmukh (1998), O'Brien e Smith (1993), Punniyamoorthy e Ragavan (2003) e Yusuff et. al. (2001), trata-se de uma ferramenta simples que pode ser aplicada em empresas de pequeno, médio e grande porte.

A grande vantagem do método AHP é que ele é aplicado em casos de análise de variáveis complexas através de posicionamento de pesos (*score*). Dessa forma a análise de risco toma uma direção que é guiada pela ferramenta, conduzindo o processo de análise. O método leva em consideração os aspectos econômicos, de estratégicos, sociais e operacionais.

O método AHP é realizado em três passos básicos: o primeiro passo é determinar a importância dos atributos e sub-atributos importantes na análise de investimento em tecnologias avançadas de manufatura. O segundo passo é atribuir pesos para cada atributo e sub-atributo, de acordo com a relação entre eles. O terceiro passo consiste em atribuir prioridades entre os pesos dos atributos e sub-atributos. Para detalhamento dessa ferramenta pode-se consultar a parte 2.3.4.2 dessa dissertação (página 29).

##### 4.3.9.1 Conclusão sobre a Análise de Risco

A análise de Risco de um investimento em tecnologias avançadas de manufatura é muito importante no processo de tomada de decisão. O método AHP, apresentado nessa proposta de metodologia, apresentou-se como o mais completo e seguro para esse tipo de avaliação. Sua implementação é simples mais exige que os dados de análise sejam confiáveis para um resultado seguro da avaliação.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A METODOLOGIA PROPOSTA

Essa proposta de metodologia para análise de investimentos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura tem o propósito de ser de fácil aplicação e utilização para empresas metalúrgicas de grande porte.

Objetivou-se abranger aspectos estratégicos, econômicos e técnicos no processo de análise de investimentos. Sua estrutura foi elaborada com o intuito de facilitar o processo de tomada de decisão para esse tipo de investimento, porque muitas empresas demonstraram dificuldades no processo de análise.

Como pode ser observada, a sequência lógica da metodologia para análise de investimentos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura busca abranger os aspectos principais de análise, de forma simples e direta. Antes iniciar o processo de análise é necessário realizar a verificação dos fatores limitantes, conforme apresentado na parte 4.3 desse capítulo.

Não se espera que todas as empresas que investem em tecnologias avançadas de manufatura utilizem todas as análises apresentadas nessa metodologia, no entanto, procura-se identificar que as empresas que fizerem a utilização de mais etapas de análise da metodologia proposta atinjam um melhor resultado na implementação de AMTs.

As ferramentas de análise apresentadas são aquelas consideradas como de mais fácil utilização. No entanto, podem ser substituídas por outras equivalentes que sejam praticadas pelas empresas, como no caso da análise econômica e análise de risco.

É um pré-requisito para realização de tais análises (ROI, AHP, etc.) que haja um conhecimento e experiência na utilização de tais ferramentas. Para empresas que não possuem tal conhecimento, recomenda-se a contratação de consultorias ou auxílio da matriz (caso a matriz domine o uso dessas ferramentas).

Não é possível aplicar essa metodologia para qualquer tipo de empresa. Empresas que sofrem influência direta da matriz no processo de decisão, ou que não estão voltadas para investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, devem procurar formas alternativas de análise.

Muitas empresas fazem uso de diversas formas de análise, conforme verificado na primeira pesquisa de campo. No entanto, muitas das ferramentas, consideradas essenciais no processo de análise, não foram utilizadas por diversas das empresas pesquisadas.

Utilizando-se essa metodologia, procura-se objetivar um melhor desempenho das tecnologias avançadas de manufatura adotadas pelas empresas.



## **5 SEGUNDA PESQUISA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

Essa segunda pesquisa de campo foi realizada com o intuito de avaliar se a metodologia proposta nessa dissertação possui características que facilitem ou ajudem no processo de análise de investimentos para adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

Das cinco primeiras empresas pesquisadas, foram escolhidas 3 (A, D e E), que se adequassem melhor ao método e que estivessem com mais fácil acesso às informações. Com o objetivo de ampliar a amostra, foram adicionadas mais duas empresas na segunda pesquisa de campo, as quais atendem aos requisitos para utilização de metodologia. Essas empresas foram nomeadas como empresas F e G.

A empresa B foi descartada por estar localizada em São Paulo e como a segunda pesquisa de campo consistiu em um processo de visita à empresa e entrevista com o responsável pela análise de investimento, o acesso à pesquisa foi dificultado. Além do difícil acesso às informações, a empresa B foi descartada porque, mesmo tendo realizado diversos investimentos em tecnologias avançadas de manufatura nos últimos três anos, esses investimentos fizeram parte de um pacote de reestruturação da empresa, onde os as análises de investimentos foram tratados como parte integrante de análise de um novo projeto, impossibilitando a análise isolada dos ganhos de cada uma das tecnologias em particular, da forma que foi proposta nessa dissertação.

A empresa C foi descartada porque foi enquadrada como “Automação Baseada no Ser Humano” e, conforme citado no Capítulo 04, empresas com essa classificação não podem fazer uso da metodologia proposta, sendo necessário realizar a análise para adoção das AMTs através de metodologias específicas<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Conforme citado no Capítulo 06, recomenda-se que sejam desenvolvidas metodologias de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura para empresas com esse tipo de perfil.

## 5.2 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia utilizada na segunda pesquisa de campo, baseou-se em duas formas básicas: questionário estruturado (Apêndice B) e entrevista direcionada. Procurou-se entrevistar a mesma pessoa que respondeu a primeira pesquisa de campo (para as empresas A, D e E), com o intuito de relacionar as respostas de cada uma das pesquisas realizadas. O questionário da segunda pesquisa de campo foi estruturado da seguinte forma:

- Parte A: Identificação da Entrevistado
- Parte B: Análise das Restrições no Processo de Adoção de AMTs
- Parte C: Análise do Grau de Utilização da Metodologia Proposta
- Parte D: Análise do Resultado na Adoção de AMTs

O questionário da segunda pesquisa de campo foi respondido por 5 empresas de grande porte do ramo metalúrgico. As empresas foram selecionadas de forma a atender os requisitos das restrições para utilização da metodologia proposta.

Para evidenciar o grau de utilização das etapas propostas na metodologia, foi utilizada a escala Likert, variando de 1 a 5, da seguinte forma:

- 1 = Nula (sem relacionamento ou sem importância para a empresa)
- 2 = Baixa (pouco relacionamento ou pouca importância para a empresa)
- 3 = Média (relacionamento moderado ou importância moderada para a empresa)
- 4 = Alta (relacionamento alto ou alta importância para a empresa)
- 5 = Total (totalmente relacionado ou totalmente importante para a empresa)

Para fins de apresentação dos resultados, as empresas pesquisadas serão nomeadas como empresa A, D, E, F e G.

## 5.3 RESULTADOS DA EMPRESA A

O entrevistado na segunda pesquisa de campo na Empresa A foi a mesma pessoa que respondeu a primeira pesquisa de campo. O entrevistado é Engenheiro Mecânico, líder da Qualidade, responsável pela especificação, justificativa e acompanhamento dos novos investimentos na área de armação de carroceria.

No período de 2001 a 2002 foram investidos em torno de 1 milhão de reais na instalação de equipamentos de controle da qualidade de solda. O equipamento é conhecido como “Avaliação de Solda por Ultra-Som” e utiliza a tecnologia de ultra-som para verificação da qualidade de soldas ponto.

Durante o processo de especificação tiveram que ser levantados os benefícios do investimento, teve que ser realizada uma análise de *Pay-back* e taxa de retorno, considerado no cálculo do *Return on Investment*. O tempo de retorno do investimento foi calculado em 1 ano e o ROI em 70%.

Além dos benefícios econômicos, foram levados em consideração os aspectos ligados à ergonomia, porque os ensaios anteriores eram destrutivos, realizados com a utilização de martelo e talhadeira, gerando problemas de lesão por esforço repetitivo (LER)<sup>16</sup>.

#### 5.3.1 Análise das Limitações da Metodologia Proposta (Empresa A)

A empresa A considera que houve uma grande influência da matriz no processo de decisão na adoção da AMT em específico. No entanto, essa influência foi relacionada com a necessidade de diminuição de custos de avaliação, não influenciando no processo de decisão diretamente.

Como já havia sido comentado no Capítulo 04, a Empresa A tem uma filosofia direcionada para investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, em concordância com a filosofia da matriz. Nesse caso, os aspectos relacionados com as dificuldades em relação ao processo de análise de investimento são minimizados para essa empresa.

O mercado teve pouca influência no processo de adoção da AMT analisada, porque apenas uma empresa no Brasil faz uso dessa tecnologia e não existe pressão do mercado em relação à necessidade dessa tecnologia.

A filosofia da empresa será prejudicial para a utilização da metodologia proposta se a empresa em questão não estiver habituada ao processo de análise para adoção de AMTs. A escala Likert foi aplicada da seguinte forma: 1. Nenhuma Dificuldade; 2. Pouca Dificuldade;

---

<sup>16</sup> A LER é uma doença do trabalho relacionada com o esforço repetitivo na realização de uma atividade.

3. Dificuldade Média; 4. Muita Dificuldade; 5. Dificuldade Total. Nesse caso, fatores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise<sup>17</sup>.

A influência da Matriz será considerada como fator de dificuldade no processo de análise de investimentos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, a partir do momento que a empresa Matriz for responsável por etapas no processo de análise. A escala Likert foi aplicada da seguinte forma: 1. Nenhuma Influência; 2. Pouca Influência; 3. Influência Média; 4. Muita Influência; 5. Influência Total. Nesse caso, fatores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A influência do Mercado pode ser prejudicial no processo de análise quando obrigarem a empresa a realizar a adoção de AMTs, independentemente do processo de análise. A escala Likert foi aplicada da seguinte forma: 1. Nenhuma Influência; 2. Pouca Influência; 3. Influência Média; 4. Muita Influência; 5. Influência Total. Nesse caso, fatores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A análise das limitações no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, para a Empresa A, pode ser verificada na tabela 5.1, abaixo:

Parte B do Questionário:

Questões	Escore
Qual a importância da “Filosofia de sua empresa” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	2
Qual a importância da “Influência da Matriz” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	2
Qual a importância da “Influência do Mercado” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	3
Média dos Escores	2,3

Tabela 5.1 - Limitações no processo de adoção de AMTs - Empresa A

Pode-se perceber que a média dos escores relativos às limitações no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura para a Empresa A foi de 2,3 (baixo), demonstrando que a Empresa A está apta a adotar a metodologia proposta nessa dissertação.

<sup>17</sup> Considera-se que empresas com uma filosofia direcionada para a utilização de AMTs irão apresentar menor dificuldade no processo de análise.

### 5.3.2 Análise do Grau de Utilização da Metodologia (Empresa A)

Essa parte da pesquisa tem o intuito de verificar o grau de utilização da metodologia proposta. Sendo assim, as etapas da metodologia foram apresentadas para o entrevistado em forma de pergunta, onde ele deve indicar, para cada uma das etapas, qual foi o grau de utilização durante o processo de análise de investimento da AMT considerada.

Utilizando a mesma escala (Likert) as respostas estão apresentadas em forma de escores. Considera-se que os graus de 3 a 5 demonstram uma grande utilização da metodologia proposta. A média das respostas, dessa parte do questionário, irá demonstrar o grau geral de utilização de metodologia proposta nessa dissertação.

O grau de utilização da metodologia proposta pode ser verificado na tabela 5.2, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Foi realizada uma análise de “Pay Back”, ou “Tempo de Retorno” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	5
Foi realizada uma análise de “ROI - <i>Return On Investment</i> ”, ou “Retorno sobre o Investimento” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	5
Foi realizada uma análise de “Custo x Benefício” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de prevenção na sua empresa?	2
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de avaliação na sua empresa?	1
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas internas na sua empresa?	3
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas externas na sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a um novo volume a ser produzido por sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a novos modelos que podem ser produzidos por sua empresa?	4
Qual a importância dada ao fator “capacitação” da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Qual a importância dada ao fator motivação da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	3

Qual a importância dada ao fator “manutenabilidade” da AMT no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	3
Qual a importância dada ao “teste de uso” no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Foi realizada uma análise dos ganhos esperados no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Foi elaborada uma forma de mensuração dos ganhos no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Foi realizada uma avaliação de risco no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5
Média dos Escores	3,7

Tabela 5.2 - Grau de Utilização da Metodologia Proposta - Empresa A

A média geral dos escores relativos ao grau de utilização de metodologia proposta, pela Empresa A, foi de 3,7 (alta). Nesse caso, pode-se considerar que houve uma grande utilização da metodologia proposta.

### 5.3.3 Análise dos Resultados na Adoção da AMT (Empresa A)

Para verificar se a adoção da AMT foi bem sucedida, foi realizada a pesquisa dos resultados obtidos por cada uma das empresas. Os resultados foram medidos através de índices, onde cada uma das empresas respondeu, através da atribuição de escores variando de 1 a 5 (escala Likert), qual foi o resultado para cada um desses índices.

Considera-se que a empresa teve um bom resultado na adoção de AMTs se a média dos escores variar de 3 a 5.

Os resultados da adoção da AMT, para a Empresa A, podem ser verificados na tabela 5.3, abaixo:

#### Parte D do Questionário:

Questões	Escore
Os resultados esperados foram alcançados na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
O tempo de <i>Pay-Back</i> foi alcançado?	3
O retorno do investimento foi o esperado?	3
O custo x benefício foi o esperado?	3

A diminuição do “custo da qualidade” foi alcançado?	3
Houve um aumento da parcela de mercado após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	2
Houve um aumento da rentabilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	3
Houve um aumento da flexibilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	4
Média dos Escores	3,1

Tabela 5.3 - Resultados do processo de adoção de AMTs - Empresa A

A média dos escores relativos aos resultados no processo de adoção das AMTs, para a Empresa A, foi de 3,1 (médio). Considera-se esse índice como um bom resultado, nesse caso, a Empresa A foi bem sucedida no processo de adoção da tecnologia em questão.

#### 5.3.4 Conclusões da Empresa A

Como era de se esperar, através do resultado da entrevista realizada com o responsável pela análise técnica de novas tecnologias de manufatura, a Empresa A apresentou um baixo índice relativo às limitações em relação à metodologia proposta (escore médio de 2,3), demonstrando estar apta para utilizá-la. A Empresa A tem uma larga experiência na adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

A Empresa A apresentou um alto grau de utilização da metodologia proposta (escore médio de 3,7), sendo que os aspectos relativos às análises financeiras tiveram um especial destaque. Pode-se perceber um grande destaque, também, aos aspectos ligados aos custos da qualidade, capacitação de mão-de-obra e análise de risco.

Em relação aos resultados encontrados com a adoção da AMT em questão a Empresa A teve um bom resultado (escore de 3,1), mostrando que as etapas propostas nessa dissertação acerca da metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura estão de acordo com a prática de mercado e são viáveis para um bom desempenho no processo de adoção das AMTs.

#### 5.4 RESULTADOS DA EMPRESA D

O entrevistado da Empresa D foi a mesma pessoa que respondeu a primeira pesquisa de campo. Ao ser realizada a entrevista foi possível conhecer a linha de produção e as AMTs

adquiridas pela empresa, assim como, os aspectos relacionados com as dificuldades e adaptações que tiveram que ser realizadas para implantação de cada uma das tecnologias avançadas de manufatura.

O entrevistado é Engenheiro Mecânico, Gerente da área de Engenharia Industrial, responsável pela especificação, justificativa e acompanhamento dos novos investimentos em todas as áreas da empresa. Como Gerente da área de Engenharia Industrial, além de participar do processo decisório, o entrevistado é responsável por todo processo de implantação da nova tecnologia e acompanhamento de sua efetividade.

No período de 2001 a 2003 foram investidos em torno de 30 milhões de reais nas mais diversas áreas da empresa. Para o foco da segunda pesquisa de campo, serão considerados em especial os investimentos realizados na modernização do processo de tratamento térmico.

#### 5.4.1 Análise das Limitações da Metodologia Proposta (Empresa D)

A empresa D considera que houve uma grande influência da matriz no processo de decisão na adoção da AMT considerada, sendo essa influência direcionada ao aspecto de cobrança por redução de custos e modernização dos processos, cabendo à empresa brasileira a definição e escolha de cada uma das AMTs adquiridas..

A Empresa D é uma filial de uma empresa alemã com uma filosofia forte no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura. Como a filial brasileira já é antiga, a filosofia própria da filial incorporou esse aspecto da matriz, sendo assim, a filosofia também é voltada para esse tipo de investimento, havendo uma grande experiência nesse tipo de processo de adoção.

O mercado teve grande influência no processo de adoção da AMT analisada, porque é exigência dos clientes da Empresa D um alto índice de qualidade que só poderia se alcançado caso houvesse fortes investimentos em tecnologias avançadas de manufatura. É marca registrada da Empresa D a vantagem competitiva pela inovação tecnológica de seus produtos e consequentemente de seus processos de fabricação.

Conforme já citado na parte 5.3.1 desse capítulo, a filosofia da empresa será prejudicial para a utilização da metodologia proposta se a empresa em questão não tiver habituada ao processo de análise para adoção de AMTs, nesse caso, escores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.



A influência da Matriz será considerada como fator de dificuldade no processo de análise de investimentos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, a partir do momento que a empresa Matriz for responsável por etapas no processo de análise. Nesse caso, fatores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A influência do Mercado pode ser prejudicial no processo de análise quando obrigarem a empresa a realizar a adoção de AMTs, independentemente do processo de análise. Nesse caso, fatores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A análise das limitações no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, para a Empresa D, podem ser verificadas na tabela 5.4, abaixo:

Parte B do Questionário:

Questões	Escore
Qual a importância da “Filosofia de sua empresa” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	2
Qual a importância da “Influência da Matriz” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	2
Qual a importância da “Influência do Mercado” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	2
Média dos Escores	2,0

Tabela 5.4 - Limitações no processo de adoção de AMTs - Empresa D

Pode-se perceber que a média dos escores relativos às limitações no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura para a Empresa D foi de 2,0 (baixo), demonstrando que a Empresa D está apta a adotar a metodologia proposta nessa dissertação.

#### 5.4.2 Análise do Grau de Utilização da Metodologia (Empresa D)

Essa parte da pesquisa tem o intuito de verificar o grau de utilização da metodologia proposta. Sendo assim, as etapas da metodologia foram apresentadas para o entrevistado em forma de pergunta, onde ele deve indicar, para cada uma das etapas, qual foi o grau de utilização durante o processo de análise de investimento da AMT considerada.

Utilizando a mesma escala (Likert) as respostas estão apresentadas em forma de escores. Considera-se que os graus de 3 a 5 demonstram uma grande utilização da

metodologia proposta. A média das respostas, dessa parte do questionário, irá demonstrar o grau geral de utilização de metodologia proposta nessa dissertação.

O grau de utilização da metodologia proposta pode ser verificado na tabela 5.5, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Foi realizada uma análise de “Pay Back”, ou “Tempo de Retorno” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
Foi realizada uma análise de “ROI - Return On Investment”, ou “Retorno sobre o Investimento” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
Foi realizada uma análise de “Custo x Benefício” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de prevenção na sua empresa?	5
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de avaliação na sua empresa?	5
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas internas na sua empresa?	5
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas externas na sua empresa?	5
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a um novo volume a ser produzido por sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a novos modelos que podem ser produzidos por sua empresa?	3
Qual a importância dada ao fator “capacitação” da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Qual a importância dada ao fator motivação da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	3
Qual a importância dada ao fator “manutenabilidade” da AMT no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	3
Qual a importância dada ao “teste de uso” no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	3
Foi realizada uma análise dos ganhos esperados no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5
Foi elaborada uma forma de mensuração dos ganhos no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5
Foi realizada uma avaliação de risco no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Média dos Escores	4,1

Tabela 5.5 - Grau de Utilização da Metodologia Proposta - Empresa D

A média geral dos escores relativos ao grau de utilização de metodologia proposta, pela Empresa D, foi de 4,1 (alta). Nesse caso, pode-se considerar que houve uma grande utilização da metodologia proposta.

#### 5.4.3 Análise dos Resultados na Adoção da AMT (Empresa D)

Para verificar se a adoção da AMT foi bem sucedida, foi realizada a pesquisa dos resultados obtidos por cada uma das empresas. Os resultados foram medidos através de índices, onde cada uma das empresas respondeu, através da atribuição de escores variando de 1 a 5 (escala Likert), qual foi o resultado para cada um desses índices.

Considera-se que a empresa teve um bom resultado na adoção de AMTs se a média dos escores variar de 3 a 5.

Os resultados da adoção da AMT, para a Empresa D, podem ser verificados na tabela 5.6, abaixo:

Parte D do Questionário:

Questões	Escore
Os resultados esperados foram alcançados na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	3
O tempo de <i>Pay-Back</i> foi alcançado?	5
O retorno do investimento foi o esperado?	4
O custo x benefício foi o esperado?	4
A diminuição do “custo da qualidade” foi alcançado?	3
Houve um aumento da parcela de mercado após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	3
Houve um aumento da rentabilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	4
Houve um aumento da flexibilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	4
Média dos Escores	3,8

Tabela 5.6 - Resultados do processo de adoção de AMTs - Empresa D

A média dos escores relativos aos resultados no processo de adoção das AMTs, para a Empresa D, foi de 3,8 (alto). Considera-se esse índice como um bom resultado, nesse caso, a Empresa D foi bem sucedida no processo de adoção da tecnologia em questão.

#### 5.4.4 Conclusões da Empresa D

A Empresa D trabalha em um ramo onde as novas tecnologias de processo são vitais para a sobrevivência da empresa e o processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura tornou-se uma rotina para essa empresa. Sendo assim, a empresa D apresentou um baixo índice relativo às restrições em relação à metodologia proposta (escore médio de 2,0), demonstrando estar apta para utilizá-la.

A Empresa D apresentou um alto grau de utilização da metodologia proposta (escore médio de 4,1), com especial destaque para os aspectos relacionados aos custos da qualidade e a ao processo de mensuração dos ganhos do investimento.

Em relação aos resultados encontrados com a adoção da AMT em questão a Empresa D teve um bom resultado (escore de 3,8), mostrando que as etapas propostas nessa dissertação acerca da metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura estão de acordo com a prática de mercado e são viáveis para um bom desempenho no processo de adoção das AMTs.

### 5.5 RESULTADOS DA EMPRESA E

O entrevistado da Empresa E foi a mesma pessoa que respondeu a primeira pesquisa de campo. Ao ser realizada a entrevista foi possível conhecer a linha de produção e as AMTs adquiridas pela empresa.

O entrevistado é Engenheiro Mecânico, Analista de Compras, responsável pela especificação, justificativa e acompanhamento dos novos investimentos em todas as áreas da empresa.

No período de 2001 a 2002 foram investidos em torno de 25 milhões de reais na instalação de equipamentos de fabricação (robôs, rede de computadores, equipamentos de controle, etc.) durante a implantação da planta no Brasil. Apesar do investimento ter sido realizado durante o processo de instalação da empresa (projeto da matriz), cada um dos equipamentos teve que ser especificado e justificado seu investimento localmente.

### 5.5.1 Análise das Limitações da Metodologia Proposta (Empresa E)

A Empresa E considera que houve uma grande influência da matriz no processo de decisão na adoção da AMT considerada. No entanto, essa influência foi relacionada ao projeto da instalação e aos requisitos de projeto, sendo que cada um dos equipamentos passou pela análise local para realização do investimento.

Em relação à filosofia da Empresa E, apesar de ser uma empresa nova, pode-se afirmar se tratar de uma empresa que está direcionada para investimentos em tecnologias avançadas de manufatura. Nesse caso, os aspectos relacionados com as dificuldades em relação ao processo de análise de investimento são minimizados.

O mercado teve grande influência no processo de adoção da AMT analisada, porque é exigência dos clientes da Empresa E um alto índice de qualidade que só poderia se alcançado caso houvesse fortes investimentos em tecnologias avançadas de manufatura.

Conforme já citado na parte 5.3.1 desse capítulo, a filosofia da empresa será prejudicial para a utilização da metodologia proposta se a empresa em questão não tiver habituada ao processo de análise para adoção de AMTs, nesse caso, escores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A influência da Matriz será considerada como fator de dificuldade no processo de análise de investimentos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, a partir do momento que a empresa Matriz for responsável por etapas no processo de análise. Nesse caso, fatores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A influência do Mercado pode ser prejudicial no processo de análise quando obrigarem a empresa a realizar a adoção de AMTs, independentemente do processo de análise. Nesse caso, fatores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A análise das limitações no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, para a Empresa E, podem ser verificadas na tabela 5.7, abaixo:

## Parte B do Questionário:

Questões	Escore
Qual a importância da “Filosofia de sua empresa” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	2
Qual a importância da “Influência da Matriz” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	3
Qual a importância da “Influência do Mercado” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	2
Média dos Escores	2,3

Tabela 5.7 - Limitações no processo de adoção de AMTs - Empresa E

Pode-se perceber que a média dos escores relativos às limitações no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura para a Empresa E foi de 2,3 (baixo), demonstrando que a Empresa E está apta a adotar a metodologia proposta nessa dissertação.

## 5.5.2 Análise do Grau de Utilização da Metodologia (Empresa E)

Essa parte da pesquisa tem o intuito de verificar o grau de utilização da metodologia proposta. Sendo assim, as etapas da metodologia foram apresentadas para o entrevistado em forma de pergunta, onde ele deve indicar, para cada uma das etapas, qual foi o grau de utilização durante o processo de análise de investimento da AMT considerada.

Utilizando a mesma escala (Likert) as respostas estão apresentadas em forma de escores. Considera-se que os graus de 3 a 5 demonstram uma grande utilização da metodologia proposta. A média das respostas, dessa parte do questionário, irá demonstrar o grau geral de utilização de metodologia proposta nessa dissertação.

O grau de utilização da metodologia proposta pode ser verificado na tabela 5.8, abaixo:

## Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Foi realizada uma análise de “Pay Back”, ou “Tempo de Retorno” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	5
Foi realizada uma análise de “ROI - <i>Return On Investment</i> ”, ou “Retorno sobre o Investimento” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	5
Foi realizada uma análise de “Custo x Benefício” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	5

Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de prevenção na sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de avaliação na sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas internas na sua empresa?	5
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas externas na sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a um novo volume a ser produzido por sua empresa?	5
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a novos modelos que podem ser produzidos por sua empresa?	5
Qual a importância dada ao fator “capacitação” da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5
Qual a importância dada ao fator motivação da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Qual a importância dada ao fator “manutenibilidade” da AMT no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa	4
Qual a importância dada ao “teste de uso” no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa	4
Foi realizada uma análise dos ganhos esperados no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Foi elaborada uma forma de mensuração dos ganhos no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Foi realizada uma avaliação de risco no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5
Média dos Escores	4,5

Tabela 5.8 - Grau de Utilização da Metodologia Proposta - Empresa E

A média geral dos escores relativos ao grau de utilização de metodologia proposta, pela Empresa E, foi de 4,5 (alta). Nesse caso, pode-se considerar que houve uma grande utilização da metodologia proposta.

### 5.5.3 Análise dos Resultados na Adoção da AMT (Empresa E)

Para verificar se a adoção da AMT foi bem sucedida, foi realizada a pesquisa dos resultados obtidos por cada uma das empresas. Os resultados foram medidos através de índices, onde cada uma das empresas respondeu, através da atribuição de escores variando de 1 a 5 (escala Likert), qual foi o resultado para cada um desses índices.

Considera-se que a empresa teve um bom resultado na adoção de AMTs se a média dos escores variar de 3 a 5.

Os resultados da adoção da AMT, para a Empresa E, podem ser verificados na tabela 5.9, abaixo:

Parte D do Questionário:

Questões	Escore
Os resultados esperados foram alcançados na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	5
O tempo de <i>Pay-Back</i> foi alcançado?	4
O retorno do investimento foi o esperado?	4
O custo x benefício foi o esperado?	4
A diminuição do “custo da qualidade” foi alcançado?	4
Houve um aumento da parcela de mercado após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	3
Houve um aumento da rentabilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	5
Houve um aumento da flexibilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	4
Média dos Escores	4,1

Tabela 5.9 - Resultados do processo de adoção de AMTs - Empresa E

A média dos escores relativos aos resultados no processo de adoção das AMTs, para a Empresa E, foi de 4,1 (alta). Considera-se esse índice como um bom resultado, nesse caso, a Empresa E foi bem sucedida no processo de adoção da tecnologia em questão.

#### 5.5.4 Conclusões da Empresa E

A Empresa E trabalha em um ramo onde as novas tecnologias de processo são vitais para a sobrevivência da empresa e o processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura tornou-se uma rotina para a empresa. Sendo assim, a Empresa E apresentou um baixo índice relativo às restrições em relação à metodologia proposta (escore médio de 2,3), demonstrando estar apta para utilizá-la.



A Empresa E apresentou um alto grau de utilização da metodologia proposta (escore médio de 4,5), com especial destaque para os aspectos relacionados aos custos da qualidade e a ao processo de mensuração dos ganhos do investimento.

Em relação aos resultados encontrados com a adoção da AMT em questão a Empresa E teve um bom resultado (escore de 4,1), mostrando que as etapas propostas nessa dissertação acerca da metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura estão de acordo com a prática de mercado e são viáveis para um bom desempenho no processo de adoção das AMTs.

## 5.6 RESULTADOS DA EMPRESA F

A Empresa F não respondeu a primeira pesquisa de campo, no entanto, essa empresa realizou diversos investimentos em AMTs nos últimos anos, estando apta para responder a segunda pesquisa de campo.

O entrevistado da Empresa F foi o Gerente da área de Logística, profundo conhecedor dos processos de adoção das tecnologias avançadas de manufatura adquiridas pela empresa. Como foi possível comprovar através da entrevista, a área de Logística da Empresa F tem um forte papel no processo de análise para investimentos em AMTs.

No período de 2002 a 2003 foram investidos em torno de 10 milhões de reais na instalação de equipamentos de estamperia com o intuito de atender a demanda de mercado, não somente de volume de produção, mas principalmente de aspectos relativos à qualidade.

Além dos benefícios econômicos e de ganho de mercado, foram levados em consideração os aspectos relacionados à segurança pessoal, porque a estampagem com manuseio do operador é de grande risco, sendo que os processo automatizados diminuem muito a possibilidade de acidentes.

### 5.6.1 Análise das Limitações da Metodologia Proposta (Empresa F)

A empresa F considera que houve pouca influência da matriz no processo de decisão na adoção da AMT considerada. Existe uma grande independência da filial brasileira em relação à matriz na Espanha.

Existe uma grande preocupação da Empresa F em ser líder tecnológico no setor de estamperia, nesse caso, a filosofia da empresa está totalmente focada para investimentos em

novas tecnologias, diminuindo muito os problemas relacionados com esse tipo de investimento.

O mercado teve uma enorme influência no processo de adoção da AMT analisada, porque muitos dos grandes clientes não poderiam ser atendidos com o processo de produção sem a tecnologia analisada. No entanto, existem diversos tipos de tecnologias similares que poderiam ser adquiridas e o processo de análise de investimento não foi prejudicada.

A filosofia da empresa será prejudicial para a utilização da metodologia proposta se a empresa em questão não tiver habituada ao processo de análise para adoção de AMTs, nesse caso, escores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A influência da Matriz será considerada como fator de dificuldade no processo de análise de investimentos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, a partir do momento que a empresa Matriz for responsável por etapas no processo de análise. Nesse caso, fatores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A influência do Mercado pode ser prejudicial no processo de análise quando obrigarem a empresa a realizar a adoção de AMTs, independentemente do processo de análise. Nesse caso, fatores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A análise das limitações no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, para a Empresa F, podem ser verificadas na tabela 5.10, abaixo:

Parte B do Questionário:

Questões	Escore
Qual a importância da “Filosofia de sua empresa” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	1
Qual a importância da “Influência da Matriz” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	2
Qual a importância da “Influência do Mercado” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	4
Média dos Escores	2,3

Tabela 5.10 - Limitações no processo de adoção de AMTs - Empresa F

Pode-se perceber que a média dos escores relativos às limitações no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura para a Empresa F foi de 2,3 (baixo), demonstrando que a Empresa F está apta a adotar a metodologia proposta nessa dissertação.

#### 5.6.2 Análise do Grau de Utilização da Metodologia (Empresa F)

Essa parte da pesquisa tem o intuito de verificar o grau de utilização da metodologia proposta. Sendo assim, as etapas da metodologia foram apresentadas para o entrevistado em forma de pergunta, onde ele deve indicar, para cada uma das etapas, qual foi o grau de utilização durante o processo de análise de investimento da AMT considerada.

Utilizando a mesma escala (Likert) as respostas estão apresentadas em forma de escores. Considera-se que os graus de 3 a 5 demonstram uma grande utilização da metodologia proposta. A média das respostas, dessa parte do questionário, irá demonstrar o grau geral de utilização de metodologia proposta nessa dissertação.

O grau de utilização da metodologia proposta pode ser verificado na tabela 5.11, abaixo:

#### Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Foi realizada uma análise de “ <i>Pay Back</i> ”, ou “Tempo de Retorno” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
Foi realizada uma análise de “ <i>ROI - Return On Investment</i> ”, ou “Retorno sobre o Investimento” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
Foi realizada uma análise de “Custo x Benefício” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de prevenção na sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de avaliação na sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas internas na sua empresa?	5
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas externas na sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a um novo volume a ser produzido por sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a novos modelos que podem ser produzidos por sua empresa?	4

Qual a importância dada ao fator “capacitação” da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Qual a importância dada ao fator motivação da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Qual a importância dada ao fator “manutenabilidade” da AMT no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Qual a importância dada ao “teste de uso” no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Foi realizada uma análise dos ganhos esperados no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5
Foi elaborada uma forma de mensuração dos ganhos no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5
Foi realizada uma avaliação de risco no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5
Média dos Escores	4,3

Tabela 5.11 - Grau de Utilização da Metodologia Proposta - Empresa F

A média geral dos escores relativos ao grau de utilização de metodologia proposta, pela Empresa F, foi de 4,3 (Alta). Nesse caso, pode-se considerar que houve uma grande utilização da metodologia proposta.

### 5.6.3 Análise dos Resultados na Adoção da AMT (Empresa F)

Para verificar se a adoção da AMT foi bem sucedida, foi realizada a pesquisa dos resultados obtidos por cada uma das empresas. Os resultados foram medidos através de índices, onde cada uma das empresas respondeu, através da atribuição de escores variando de 1 a 5 (escala Likert), qual foi o resultado para cada um desses índices.

Considera-se que a empresa teve um bom resultado na adoção de AMTs se a média dos escores variar de 3 a 5.

Os resultados da adoção da AMT, para a Empresa F, podem ser verificados na tabela 5.12, abaixo:

#### Parte D do Questionário:

Questões	Escore
Os resultados esperados foram alcançados na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
O tempo de <i>Pay-Back</i> foi alcançado?	3

O retorno do investimento foi o esperado?	4
O custo x benefício foi o esperado?	4
A diminuição do “custo da qualidade” foi alcançado?	4
Houve um aumento da parcela de mercado após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	5
Houve um aumento da rentabilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	4
Houve um aumento da flexibilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	5
Média dos Escores	4,1

Tabela 5.12 - Resultados do processo de adoção de AMTs - Empresa F

A média dos escores relativos aos resultados no processo de adoção das AMTs, para a Empresa F, foi de 4,1 (Alta). Considera-se esse índice como um bom resultado, nesse caso, a Empresa F foi bem sucedida no processo de adoção da tecnologia em questão.

#### 5.6.4 Conclusões da Empresa F

A Empresa F apresentou um baixo índice relativo às restrições em relação à metodologia proposta (escore médio de 2,3), demonstrando estar apta para utilizá-la. A Empresa F, apesar de ser nova, tem bastante experiência na adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

A Empresa F apresentou um alto grau de utilização da metodologia proposta (escore médio de 4,3), tendo especial atenção aos aspectos relacionados à diminuição de custos de falhas, aos ganhos advindos do investimento e à análise de risco.

Em relação aos resultados encontrados com a adoção da AMT em questão a Empresa F teve um bom resultado (escore de 4,1), mostrando que as etapas propostas nessa dissertação acerca da metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura estão de acordo com a prática de mercado e são viáveis para um bom desempenho no processo de adoção das AMTs.

## 5.7 RESULTADOS DA EMPRESA G

A Empresa G não respondeu a primeira pesquisa de campo, no entanto, essa empresa tradicional do ramo metalúrgico e possui forte tendência de liderança através de investimentos em nova tecnologias de processo produtivo.

O entrevistado é Engenheiro Mecânico, Supervisor da área de Engenharia Industrial, com forte participação no processo de análise de investimento em novas tecnologias, acompanhamento de sua instalação e análise de sua efetividade.

No ano de 2003 foram investidos em torno de 1 milhão de reais na instalação de equipamentos de controle da qualidade de equipamentos mecânicos (caixa de câmbio), se tratando de uma tecnologia inovadora e essencial para diminuição dos custos de falhas internas.

### 5.7.1 Análise das Limitações da Metodologia Proposta (Empresa G)

A empresa G considera que houve uma grande influência da matriz no processo de decisão na adoção da AMT considerada, porque a matriz considera muito importante a diminuição dos custos e a garantia da qualidade do produto. No entanto, o processo de análise de investimento, escolha do equipamento, adaptações e acompanhamento dos resultado foram de inteira responsabilidade da filial brasileira.

A empresa G é tradicional no mercado em que atua e sua principal vantagem competitiva está na qualidade de seus produtos e inovações tecnológicas. Sendo assim, a filosofia da empresa é muito positiva no aspecto relacionado ao investimento em tecnologias avançadas de manufatura.

O mercado teve pouca influência no processo de adoção da AMT analisada, porque não é sensível para o cliente a melhoria do processo realizada, no entanto, a Empresa G faz questão de ressaltar que existe uma grande diminuição de falhas externas, o que indubitavelmente irá ser traduzida numa melhor imagem da empresa perante os clientes.

A filosofia da empresa será prejudicial para a utilização da metodologia proposta se a empresa em questão não tiver habituada ao processo de análise para adoção de AMTs, nesse caso, escores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A influência da Matriz será considerada como fator de dificuldade no processo de análise de investimentos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, a partir do momento que a empresa Matriz for responsável por etapas no processo de análise. Nesse caso, fatores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A influência do Mercado pode ser prejudicial no processo de análise quando obrigarem a empresa a realizar a adoção de AMTs, independentemente do processo de análise. Nesse caso, fatores de 3 a 5 são considerados valores que irão dificultar o processo de análise.

A análise das limitações no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, para a Empresa A, podem ser verificadas na tabela 5.13, abaixo:

Parte B do Questionário:

Questões	Escore
Qual a importância da “Filosofia de sua empresa” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	3
Qual a importância da “Influência da Matriz” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	1
Qual a importância da “Influência do Mercado” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?	1
Média dos Escores	1,7

Tabela 5.13 - Limitações no processo de adoção de AMTs - Empresa G

Pode-se perceber que a média dos escores relativos às limitações no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura para a Empresa A foi de 1,7 (baixo), demonstrando que a Empresa G está apta a adotar a metodologia proposta nessa dissertação.

#### 5.7.2 Análise do Grau de Utilização da Metodologia (Empresa G)

Essa parte da pesquisa tem o intuito de verificar o grau de utilização da metodologia proposta. Sendo assim, as etapas da metodologia foram apresentadas para o entrevistado em forma de pergunta, onde ele deve indicar, para cada uma das etapas, qual foi o grau de utilização durante o processo de análise de investimento da AMT considerada.

Utilizando a mesma escala (Likert) as respostas estão apresentadas em forma de escores. Considera-se que os graus de 3 a 5 demonstram uma grande utilização da

metodologia proposta. A média das respostas, dessa parte do questionário, irá demonstrar o grau geral de utilização de metodologia proposta nessa dissertação.

O grau de utilização da metodologia proposta pode ser verificado na tabela 5.14, abaixo:

Parte C do Questionário:

Questões	Escore
Foi realizada uma análise de “Pay Back”, ou “Tempo de Retorno” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
Foi realizada uma análise de “ROI - Return On Investment”, ou “Retorno sobre o Investimento” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
Foi realizada uma análise de “Custo x Benefício” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de prevenção na sua empresa?	1
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de avaliação na sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas internas na sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas externas na sua empresa?	4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a um novo volume a ser produzido por sua empresa?	2
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a novos modelos que podem ser produzidos por sua empresa?	5
Qual a importância dada ao fator “capacitação” da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5
Qual a importância dada ao fator motivação da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	3
Qual a importância dada ao fator “manutenabilidade” da AMT no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5
Qual a importância dada ao “teste de uso” no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5
Foi realizada uma análise dos ganhos esperados no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Foi elaborada uma forma de mensuração dos ganhos no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4
Foi realizada uma avaliação de risco no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	3
Média dos Escores	3,8

Tabela 5.14 - Grau de Utilização da Metodologia Proposta - Empresa G



A média geral dos escores relativos ao grau de utilização de metodologia proposta, pela Empresa G, foi de 3,8 (Alta). Nesse caso, pode-se considerar que houve uma grande utilização da metodologia proposta.

### 5.7.3 Análise dos Resultados na Adoção da AMT (Empresa G)

Para verificar se a adoção da AMT foi bem sucedida, foi realizada a pesquisa dos resultados obtidos por cada uma das empresas. Os resultados foram medidos através de índices, onde cada uma das empresas respondeu, através da atribuição de escores variando de 1 a 5 (escala Likert), qual foi o resultado para cada um desses índices.

Considera-se que a empresa teve um bom resultado na adoção de AMTs se a média dos escores variar de 3 a 5.

Os resultados da adoção da AMT, para a Empresa G, podem ser verificados na tabela 5.15, abaixo:

#### Parte D do Questionário:

Questões	Escore
Os resultados esperados foram alcançados na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4
O tempo de <i>Pay-Back</i> foi alcançado?	4
O retorno do investimento foi o esperado?	4
O custo x benefício foi o esperado?	4
A diminuição do “custo da qualidade” foi alcançado?	4
Houve um aumento da parcela de mercado após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	3
Houve um aumento da rentabilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	3
Houve um aumento da flexibilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	4
Média dos Escores	3,8

Tabela 5.15 - Resultados do processo de adoção de AMTs - Empresa G

A média dos escores relativos aos resultados no processo de adoção das AMTs, para a Empresa G, foi de 3,8 (Alta). Considera-se esse índice como um bom resultado, nesse caso, a Empresa G foi bem sucedida no processo de adoção da tecnologia em questão.

#### 5.7.4 Conclusões da Empresa G

A Empresa G apresentou um baixo índice relativo às restrições em relação à metodologia proposta (escore médio de 1,7), demonstrando estar apta para utilizá-la. Esse resultado era esperado, devido à Empresa G ser tradicional em seu segmento e apresentar forte tendência de liderança através de inovações tecnológicas.

A Empresa G apresentou um alto grau de utilização da metodologia proposta (escore médio de 3,8), com prioridade aos aspectos relacionados à flexibilidade de modelo, capacitação da mão-de-obra, manutenibilidade e teste de uso da AMT.

Em relação aos resultados encontrados com a adoção da AMT em questão a Empresa G teve um bom resultado (escore de 3,8), mostrando que as etapas propostas nessa dissertação acerca da metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura estão de acordo com a prática de mercado e são viáveis para um bom desempenho no processo de adoção das AMTs.

### 5.8 RESULTADO GERAL POR EMPRESA

Para facilitar a visualização do resultado geral da segunda pesquisa de campo, os escores médios foram resumidos na tabela 5.16, abaixo:

Empresa	Fatores Limitantes	Grau de Utilização	Resultado do Inv.
A	2,3	3,7	3,1
D	2,0	4,1	3,8
E	2,3	4,5	4,1
F	2,3	4,3	4,1
G	1,7	3,8	3,8
Geral	2,0	4,1	3,8

Tabela 5.16 - Resultado Geral por Empresa

A tabela 5.17 mostra que as empresas que mais fizeram uso da metodologia proposta foram as Empresas E (média 4,5) e F (média 4,3), sendo que essas empresas obtiveram os melhores resultados do investimento (média de 4,1 para ambas).

Da mesma forma, as empresas que fizeram menos uso da metodologia proposta foram as Empresas A (média 3,7) e G (média 3,8), obtendo os piores resultados do investimento (médias 3,1 e 3,8 respectivamente).

Esses resultados dão um indicativo da validade da metodologia proposta e sua utilidade para realização de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura. Apesar da pequena amostragem da pesquisa realizada, sua profundidade (estudo de caso) forneceu um grande número de informações relevantes em relação à avaliação da metodologia proposta e validam o resultado encontrado.

### 5.9 ANÁLISE CRUZADAS DOS ESCORES

Para obter uma melhor visualização da relação aos resultados da segunda pesquisa de campo para avaliação da metodologia proposta de análise de investimentos para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, apresenta-se o resumo dos escores de cada uma das empresas, nas tabelas 5.17, 5.18 e 5.19, abaixo:

Análise das Limitações		EMPRESA					Escore Médio
Questões		A	D	E	F	G	
Qual a importância da “Filosofia de sua empresa” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?		2	2	2	1	3	2,0
Qual a importância da “Influência da Matriz” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?		2	2	3	2	1	2,0
Qual a importância da “Influência do Mercado” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura?		3	2	2	4	1	2,0
Média Geral							2,0

Tabela 5.17 - Análise Cruzada - Análise das Limitações

Como se pode observar através da tabela 5.17, na média, as cinco empresas pesquisadas apresentaram baixos escores relativos às limitações em relação à utilização da metodologia proposta. Esse fato se deve às empresas pesquisadas terem bastante experiência na utilização e no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura e a grande independência em relação à matriz no processo de análise para adoção de AMTs.

Questões	EMPRESA					Escore Médio
	A	D	E	F	G	
Foi realizada uma análise de “Pay Back”, ou “Tempo de Retorno” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	5	4	5	4	4	4,4
Foi realizada uma análise de “ROI - Return On Investment”, ou “Retorno sobre o Investimento” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	5	4	5	4	4	4,4
Foi realizada uma análise de “Custo x Benefício” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4	4	5	4	4	4,2
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de prevenção na sua empresa?	2	5	4	4	1	3,2
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de avaliação na sua empresa?	1	5	4	4	4	3,6
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas internas na sua empresa?	3	5	5	5	4	4,4
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas externas na sua empresa?	4	5	4	4	4	4,2
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a um novo volume a ser produzido por sua empresa?	4	4	5	4	2	3,8
Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a novos modelos que podem ser produzidos por sua empresa?	4	3	5	4	5	4,2
Qual a importância dada ao fator “capacitação” da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4	4	5	4	5	4,4
Qual a importância dada ao fator motivação da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	3	3	4	4	3	3,4
Qual a importância dada ao fator “manutenibilidade” da AMT no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	3	3	4	4	5	3,8
Qual a importância dada ao “teste de uso” no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4	3	4	4	5	4,0
Foi realizada uma análise dos ganhos esperados no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4	5	4	5	4	4,4
Foi elaborada uma forma de mensuração dos ganhos no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	4	5	4	5	4	4,4
Foi realizada uma avaliação de risco no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	5	4	5	5	3	4,4
Média Geral						4,1

Tabela 5.18 - Análise Cruzada - Grau de Utilização da Metodologia

Ao analisar as médias da tabela 5.18 pode-se perceber que houve uma grande utilização da metodologia proposta (média geral de 4,1).

Ficou clara a grande ênfase dada às ferramentas de análise financeira no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, sendo muito utilizada a análise de *pay-back* (média 4,4), retorno sobre o investimento (média 4,4) e custo x benefício (média 4,2). Esse resultado mostra que a justificativa financeira do investimento em AMTs tem uma grande importância no processo decisório.

Da mesma forma, foi dada grande ênfase na avaliação dos ganhos esperados e nos métodos de mensuração dos ganhos do investimento. Pode-se observar, ainda, a grande importância dada à análise de risco. Dessa forma, complementando as análises financeiras, porque os investimentos, apesar de serem justificados através de ferramentas de análise financeira, precisam ter seus resultados mensurados e o seu risco avaliado.

De maneira contraditória, foi dada grande importância em relação aos custos de falhas internas (média 4,4), mas foi dada menos importância à diminuição dos custos de prevenção (média 3,2) e avaliação (média 3,6). Esse resultado mostra que o entendimento sobre os custos da qualidade precisa ser aprimorado pelas empresas ou as ferramentas de mensuração de custos não conseguem extrair esses valores dos custos totais de manufatura.

De forma inesperada, foi dada menos importância à questão da motivação da mão-de-obra (média 3,4), apesar de se dar grande importância à capacitação da mão-de-obra (média 4,4). Os fatores motivacionais são complexos e, às vezes, até contraditórios, conforme apresentado no capítulo 02. No entanto, o sucesso na adoção de tecnologias avançadas de manufatura está atrelado ao bom entendimento e aceitação da mudança por parte do funcionário. O entendimento do mecanismo motivacional relacionado com a adoção de tecnologias avançadas de manufatura faz parte do amadurecimento da empresa e espera-se que as empresas adquiram essa habilidade com o passar do tempo.

Resultado do Investimento	EMPRESA					Escore Médio
Questões	A	D	E	F	G	
Os resultados esperados foram alcançados na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	4	3	5	4	4	4,0
O tempo de <i>Pay-Back</i> foi alcançado?	3	5	4	3	4	3,8
O retorno do investimento foi o esperado?	3	4	4	4	4	3,8
O custo x benefício foi o esperado?	3	4	4	4	4	3,8
A diminuição dos “custos da qualidade” foram alcançados?	3	3	4	4	4	3,6
Houve um aumento da parcela de mercado após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	2	3	3	5	3	3,2
Houve um aumento da rentabilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	3	4	5	4	3	3,8
Houve um aumento da flexibilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	4	4	4	5	4	4,2
Média Geral						3,8

Tabela 5.19 - Análise Cruzada - Resultado do Investimento

Ao analisar a tabela 5.19 pode-se perceber que houve um bom resultado na adoção das AMTs (média geral 3,8). Destaca-se o ganho de flexibilidade (média 4,2), mostrando que as tecnologias avançadas de manufatura atuais, ao contrário do passado, podem trazer um grande ganho para a empresa sem precisar sacrificar a flexibilidade.

O pior resultado foi relacionado com o ganho de participação de mercado. Muitas empresas ainda acreditam que a participação de mercado está diretamente relacionada com a melhoria da qualidade e diminuição dos custos dos produtos. No entanto, conforme apresentado no Capítulo 02<sup>18</sup>, essa relação não é direta, pois produtos com melhores atributos nem sempre são mais aceitos pelos consumidores se a melhoria realizada não ficar evidente.

## 5.10 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Essa segunda pesquisa de campo foi realizada através de questionário estruturado e entrevista direcionada, com o intuito de avaliar a metodologia proposta nessa dissertação. Não

<sup>18</sup> Análise de Mercado, página 41 (Chung - 1991).

existiu uma amostragem suficiente para realizar uma análise estatística das respostas, no entanto, segundo Yin e Lazzarini<sup>19</sup>, citado por Costa (2003), os estudos de caso são válidos e podem ser utilizados quando:

1. As situações analisadas são contemporâneas.
2. O corpo técnico disponível é insuficiente para estabelecer relações de causa e efeito.
3. O fenômeno não pode ser estudado fora de seu contexto sem perda de utilidade da pesquisa.
4. O foco maior é a compreensão dos fatos e não a sua mensuração.
5. A possibilidade de utilizar várias fontes para evidenciar os fatos é uma necessidade metodológica.
6. Não se possui o controle sobre os eventos/comportamentos dos fatos/pessoas envolvidos na pesquisa.

Todas as cinco empresas pesquisadas realizaram grandes investimentos em tecnologias avançadas de manufatura nos últimos três anos. Essas empresas já fazem uso de processos próprios para análise de investimentos na adoção de AMTs, porém nenhuma delas apresentou uma metodologia estruturada com a finalidade de avaliação desse tipo de investimento em particular.

A opinião geral dos entrevistados é de que uma metodologia estruturada com o intuito de conduzir o processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura é muito útil para as empresas e a impressão geral sobre a proposta foi muito positiva.

Em geral, as empresas realizam análises financeiras para justificar o investimento em tecnologias avançadas de manufatura e análises de risco com o intuito de avaliar a adoção. As demais etapas da análise não são caracterizadas de maneira estanque, estando mescladas nas análises de custo x benefício e análise de risco. Não foi caracterizada, nas empresas pesquisadas, a existência de uma metodologia formal de análise para adoção de AMTs.

---

<sup>19</sup> YIN, R. Case study research: design and methods. Newbury Park: Sage Publications, 1984.

A realização de uma análise mais estruturada, através de uma metodologia de análise formal, pode garantir que etapas críticas no processo de análise não sejam suprimidas. Algumas AMTs, como por exemplo CAD, talvez não requeiram uma análise de motivação da mão-de-obra, mas através do estabelecimento de uma metodologia estrutura formal<sup>20</sup>, é possível avaliar a necessidade de realização de cada uma das etapas críticas.

A tabela 5.16 mostra claramente as vantagens da utilização das etapas críticas de análise para adoção de AMTs, onde as empresas que tiveram um maior escore relativo à utilização das etapas da metodologia proposta obtiveram um melhor resultado do investimento.

Conforme pode ser observado na análise cruzada dos resultados da segunda pesquisa de campo, todas as empresas apresentaram-se aptas para utilizar a metodologia proposta (escore médio geral igual a 2,0), mesmo porque elas já fazem larga utilização de AMTs e já estão familiarizadas com processos de análise para tomada de decisão na adoção de novas tecnologias de processo.

O grau de utilização da metodologia proposta foi alto (escore médio geral de 4,1), evidenciando que a metodologia é consistente com a prática de mercado e que existe uma forte relação com os estudos realizados pelos autores e a sua utilização efetiva na indústria.

Os resultados obtidos com o processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, pelas empresas pesquisadas, foi muito positivo (escore médio geral igual a 3,8), caracterizando forte efetividade da metodologia proposta nessa dissertação.

---

LAZZARINI, S. Estudos de Caso: aplicabilidade e limitações do método para fins de pesquisa. *Economia & Empresas*, São Paulo, 1995, 2(4), pp.. 17-26

<sup>20</sup> Apesar de algumas das empresas pesquisadas possuírem uma rotina de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, nenhuma apresentou uma metodologia formal, ou seja, a rotina de análise não está oficializada (procedimentos ou normas), sendo que, a sequência das etapas é realizada através da experiência dos responsáveis pela análise.



## **6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS**

Essa dissertação teve como objetivo apresentar uma proposta de metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, de forma a minimizar as falhas no processo de análise do investimento, seja do ponto de vista do aspecto econômico, como de aspectos culturais, aplicabilidade e análise das vantagens da sua adoção.

### **CONCLUSÕES**

Após ter sido concluída a revisão bibliográfica, as pesquisas de campo e ter sido realizada a avaliação da proposta de metodologia, chegou-se às seguintes conclusões, conforme os objetivos traçados no Capítulo 01:

- 1) Diversos autores estudaram o processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, onde foram identificadas diversas propostas de metodologias de análise para adoção de AMTs. No entanto, não foi identificado um estudo que considerasse os aspectos relativos à indústria metalúrgica brasileira, com suas particularidades e necessidades específicas.
- 2) As empresas metalúrgicas possuem dificuldade no processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, por não possuírem uma metodologia estruturada para esse fim.
- 3) Mesmo não possuindo uma metodologia estruturada de análise no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, as empresas realizam diversas análises para tomada de decisão, sejam de ordem econômica, técnica ou estratégica. No entanto, essas análises não fazem parte de uma metodologia formal, possibilitando que etapas críticas da análise sejam desconsideradas;
- 4) Foi apresentada uma proposta de metodologia de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, essa proposta de metodologia tem a finalidade de estruturar o processo de análise e estabelecer as etapas críticas em relação ao processo de análise para adoção de AMTs;

- 5) A avaliação da metodologia proposta demonstrou que parece existir uma relação entre os melhores resultados obtidos pelas empresas e o maior grau de utilização das etapas de metodologia proposta. Sendo assim, pode-se concluir preliminarmente que essa proposta de metodologia é válida no processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura;

Em geral, as empresas pesquisadas demonstraram uma grande preocupação com a realização de análises econômicas para avaliação do investimento em tecnologias avançadas de manufatura, da mesma forma que enfatizaram a análise de risco do investimento e avaliação dos ganhos em relação ao investimento. Como os investimentos em tecnologias avançadas de manufatura tratam de valores significativos, conforme confirmado na primeira pesquisa de campo, era esperada uma maior ênfase nesse tipo de análise.

Em relação aos aspectos culturais e humanos, ficou clara a ênfase dada nos aspectos técnicos ligados à mão-de-obra (treinamento e capacitação), no entanto foi dada pouca importância aos aspectos ligados à motivação da mão-de-obra, o que pode ter dificultado o processo de adoção das AMTs.

Em resumo podemos concluir que a proposta de metodologia é válida e aplicável nas indústrias metalúrgicas, facilitando o processo de análise por trazer etapas estruturadas em uma metodologia abrangente e de fácil aplicação.

#### RESTRIÇÕES DO ESTUDO REALIZADO

A metodologia proposta não pode ser utilizada em qualquer tipo de empresa. A pesquisa se restringiu a empresas metalúrgicas de grande porte e às empresas que atenderam aos seguintes requisitos:

- Classificadas como “Automação de Alta Tecnologia” e “Automação de Baixo Custo”, segundo a classificação de Fujimoto (1997).
- Média dos escores inferior a 3,0 em relação aos fatores limitantes (Filosofia da Empresa, Influência da Matriz e Influência do Mercado) resultantes da segunda pesquisa de campo.

A pesquisa foi respondida por apenas um integrante de cada empresa pesquisada, podendo haver diferenças entre a visão de outros responsáveis pelo processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura em cada uma das empresas pesquisadas.

Apesar de sua validade, as pesquisas realizadas através de estudos de caso não possuem comprovação estatística, não sendo possível realizar um teste da metodologia proposta.

## RECOMENDAÇÕES FINAIS

Para continuidade e aprofundamento dessa pesquisa, sugere-se:

- Realizar uma pesquisa com embasamento estatístico, provando um modelo de análise para decisão no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura, através de uma pesquisa envolvendo uma quantidade significativa de empresas de um mesmo setor e de porte definido.
- Realizar análise da influência de cada uma das etapas do processo isoladamente, tal como a análise de risco AHP ou influência do mercado.
- Expandir o estudo para empresas de pequeno porte, onde as restrições de investimento tendem a ser um agravante no processo de análise.
- Desenvolver uma metodologia que possa ser aplicada em empresas que não atendem às restrições para a proposta de metodologia dessa dissertação, tais como as empresas classificadas como “Automação Adequada ao Ser Humano” e “Automação para Motivação do Ser Humano”, segundo a classificação de Fujimoto (1997).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-KADER, M. G.; DUGDALE, D. Evaluating Investments in Advanced Manufacturing Technology - A Fuzzy Set Theory Approach. **British Accounting Review**, n. 33, pp. 455-489, 2001.
- ANSOFF, I. H. Strategic Management of Technology. **The Journal of Business Strategy**, Winter, vol. 7, number 3, 1987.
- ATKINSON, A. A. et al. **Contabilidade Gerencial**. Editora São Paulo, Atlas, Cap. 08, 2000.
- BOYER, K. K. et al. Unlocking the Potencial of Advanced Manufacturing Technologies. **Journal of Operations Management**, pp. 331-347, 1997.
- BRINKMAN, L.; BRINKMAN, J. E. The new growth theories: a cultural and social addendum. **International Journal of Social Economics**, v. 28, n. 5/6/7, pp. 506-525, 2001.
- BURCHER, P. G.; LEE, G. L. Competitiveness strategies and AMT investment decisions. **Integrated Manufacturing Systems**, 11/5, pp. 340-347, 2000.
- CAMUFFO, A.; VOLPATO, G. **Transforming Automobile Assembly. Experience in automation and work organization**. U. Jürgen e T. Fujimoto Ed., Cap. 3.9, Spring, 1997.
- CARTER, W. K. To invest in new technology or not? New tools for making the decision. **Journal of accountancy**, may, pp. 58-64, 1992.
- CHAHARBAGHI, K. The technology, mythology and economy of technology. **Management Decisions**, v. 6, n. 38, pp. 394-402, 2000.
- CHAN, F.T.S. et al. Investment appraisal thecniques for advanced manufacturing technology (AMT): a literature review. **Integrated Manufacturing Systems**, 12/1, pp. 35-47, 2001.
- CHOUDHURY, M. A. Need for greater flexibility complicates automation. **EBB**, feb., 1995.
- CHUNG, K B. Deriving Advantages from Advanced Manufacturing Technologies -An Organizing Paradigm. **International Journal of Production Economics**, pp. 13-21, 1991.
- CLELAND, D. I. et al. Human issues in technology implementation. **Industrial Management**, v. 37, n. 4, p. 22, 1995.
- COSTA, C. R. **Estudo dos facilitadores na implantação do trabalho em grupo no chão de fábrica no setor industrial da grande Curitiba**. (Dissertação de Mestrado), UFPR, Curitiba, 2003.
- DALTON, G. L. The collective stretch – workforce flexibility. **Management Review**, v. 87, i11, pp. 54-60, 1998.
- DEMMEI, J. G.; ASKIN, R. G. Muiobjective evaluation of advanced manufacturing system technology investment with risk. **IIE Transactions**, n. 28, pp. 249-259, 1996.

- DREJER, A. Integrating product and technology development. **European Journal of Innovation Management**, v. 3, n. 3, pp. 125-136, 2000.
- FERREIRA, P. Task 3.4 - Scalable Flexible Manufacturing. **NGMS-EMS Project 95002**, 1999.
- FUJIMOTO, T. **Transforming Automobile Assembly. Experience in automation and work organization**. U. Jürgen e T. Fujimoto Ed., Cap. 4.1, Spring, 1997.
- GARBO, Samuel P - Technology Development and Business Strategy: A Changing Environment Impacts Practices. **Alfred Sloan School of Management**, 1997.
- GERWIN, D.; KOLODNY, H. **Management of advanced manufacturing technology**. USA, John Wiley & Sons, Inc., 1992.
- GLASMEIER, A. K. The Relevance of Firm Learning Theories to the Design and Evaluation of Manufacturing Modernization Programs. **Economic Development Quaterly**, v12, n2, pp. 107-125.
- GOLDRATT, E.; FOX, R. E. **A Corrida pela Vantagem Competitiva**. São Paulo, Ed. Educator, 1989.
- HAN, Sang-Lin. A conceptual framework of the impact of technology on customer-supplier relationships. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 12, n. 1, pp. 22-32, 1997.
- HARD, M.; KNIE, A. The cultural dimension of technology management: lessons from the history of the automobile. **Technology Analysis & Strategic Management**, Vol. 13, No. 1, pp. 91-103, 2001.
- HARRISON, B. The dark side of flexible production. **Technology Review**, may-jun., 1994.
- HAUSER, J.; KATZ, G. Metrics: you are what you measure! **European Management Journal**, v. 16, n. 5, pp. 517-528, 1998.
- INCH, T. Managing Competitiveness. **Artigo da Internet**.
- JAMISON, A. Science, technology and the quest for sustainable development. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 13, n. 1, pp. 9-22, 2001.
- KAKATI, M. Strategic evaluation of advanced manufacturing technology. **International Journal of Production Economics**, pp. 141-156, 1997.
- KAPLAN, R. S. Management accounting (1984-1994): development of a new practice and theory. **Management Accounting Research**, pp. 247-260, 1994.
- \_\_\_\_\_. The role for empirical research in management accounting. **Accounting Organizations and Society**, pp. 429-452, 1986.
- KARSAK, E. E.; TOLGA, E. Fuzzy multi-criteria decision-making procedure for evaluating advanced manufacturing system investments. **International Journal of Production Economics**, pp. 49-64, 2001.
- KENGPOL, A.; O'BRIEN, C. The development of a decision support tool for the selection of advanced technology to achieve rapid product development. **International Journal of Production Economics**, pp. 177-191, 2001.

\_\_\_\_\_ et al. Pricing investment and production activities for an advanced manufacturing system. **Engineering Economist**, v. 42, n. 4, pp. 303-325, 1997.

KRUNGLIANSKAS, I. Papel atribuído à função de P&D em empresas brasileiras de grande porte. **Revista de Administração**. São Paulo, v. 26, n. 3, pp. 55-64, julho/setembro 1991.

LEE, B. The justification and monitoring of advanced manufacturing technology: an empirical study of 21 installations of flexible manufacturing systems. **Management Accounting Research**, pp. 95-118, 1996.

LENZ, J.; NEITZEL, R. Cost modeling: an effective means to compare alternatives. **Industrial Engineering**, Janeiro, 1995.

LEUNG, L. C. et al. Evaluation of manufacturing expert systems: framework and model, **The Engineering Economist**, Vol. 37, No. 4, pp. 293-314, 1992.

MACDOUGALL, S. L. Consider Your Options: changes to strategic value during implementation of advanced manufacturing technology. **The International Journal of Management Science**, pp. 1-15, 2003.

MILLEN, R. Planning processes for advanced manufacturing technology by large american manufacturers. **Technovation**, pp. 741-750, 1998.

MOERMAN, P. A. Economic evaluation of investments in new production technologies. **Engineering Costs and Production Economics**, pp. 241-262, 1988.

MOHANTY, R. P.; DESHMUKH S. G. Advanced manufacturing technology selection: a strategic model for learning and evaluation. **International Journal of Production Economics**, pp. 23-33, 1997. **International Journal of Production Economics**, pp. 295-307, 1998.

MOTTA, S. A. Uma contribuição para o estudo da integração dos sistemas de custo da qualidade e de custeio baseado em atividades. (dissertação de mestrado), Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 1997.

NEJMEH, B. A. Process cost and value analysis. **Communication of the ACM**, v. 38, n. 6, pp. 19-25, 1995.

NGAI, E.W.T.; CHENG, T.C.E. A knowledge-based system for supporting performance measurement of AMT projects: a research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 21, No. 1/2, pp. 223-232, 2001.

O'BRIEN, C.; SMITH, S.J.E. Design of the decision process for strategic investment in advanced manufacturing systems. **International Journal of Production Economics**, pp. 309-322, 1993.

OZBAYRAK, M. Activity-based cost estimation in a push/pull advanced manufacturing system. **International Journal of Production Economics**, pp. 1-17, 2003.

PELAGAGGE, M. P. Advanced manufacturing system for automotive components production. **Industrial Management & Data Systems**, v. 97, n. 7-8, p. 327, 1997.

- PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva**. Rio de Janeiro, Editora Campos, Cap. 05, 1989.
- PROCTOR, M. D.; CANADA, J. R. Past and present methods of manufacturing investment evaluation: a review of the empirical and theoretical literature. **Engineering Economist**, v. 38, n. 1, p. 45, 1992.
- ROBLES Jr., A. **Custos da qualidade: uma estratégia para a competição global**. São Paulo, Atlas, 1994.
- RUST, R. et al. **Mensurando o impacto financeiro da sua empresa**. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora, 1995.
- SAAKSJARVI, M. Consumer adoption of technological innovations. **European Journal of Innovation Management**, v. 6, n. 2, pp. 90-100, 2003.
- SALEH, B. et al. Factors in capital decisions involving advanced manufacturing technologies. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, n. 10, pp. 1265-1288, 2001.
- SARKIS, J. Evaluating flexible manufacturing systems alternatives using data envelopment analysis. **Engineering Economist**, v. 43, n. 1, 1997.
- SEVERIANO FILHO, C. Medição do Desempenho de três linhas de fabricação instaladas em ambiente de manufatura avançada utilizando o modelo SAPROV. **Gestão & Produção**, v. 5, n. 3, pp. 239-258, 1998.
- \_\_\_\_\_. **O enfoque vetorial da produtividade em um sistema de avaliação para a manufatura avançada na indústria de alimentos**. (tese de doutorado), UFSC, Santa Catarina, 1995.
- SMALL, M. H; CHEN, I. I. Economic and Strategic Justification of AMT - Inferences From Industrial Practices. **International Journal of Production Economics**, pp. 65-75, 1997.
- SOHAL, A. S. Assessing AMT Implementations: An Empirical Field Study. **Technovations**, pp. 377-384, 1996.
- SOLVAY, J.; SANGLIER M. A model of the growth of corporate productivity. **International Business Review**, n. 7, pp. 463-481, 1998.
- SUN, H. Organizational Changes Related to Advanced Manufacturing Technology in the Production Area. **International Journal of Production Economics**, pp. 369-375, 1995.
- TALLURI, S; YOON K. P. A Cone-Ratio DEA Approach for AMT Justification. **International Journal of Production Economics**, pp. 119-129, 2000.
- TAYLES, M. New Manufacturing Technologies and Management Accounting Systems: Some Evidence of the Perceptions of UK Management Accounting Practitioners. **International Journal of Production Economics**, pp. 1-17, 1994.
- VIVARELLI, M. Innovation and Employment in Italian Manufacturing Industry. **Research Policy**, pp. 1013-1026, 1996.
- WANGNER, A. et al. A survey of innovative technology processes in manufacturing. **Industrial Management & Data Systems**, 101/5, pp. 210-216, 2001.

WARE, R. S. Flexible automation reconfigures the future. **Machine Design**, mar., 1996.

YUSUFF, R. M. et al. A Preliminary Study on the Potencial Use of Analytical Hierarchical Process (AHP) to Predict Advanced Manufacturing Technologies Implementation. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, pp. 421-427, 2001.

ZHAO, H.; CO., H. C. Adoption and Implementation of Advanced Manufacturing Technology in Singapore. **International Journal of Production Economics**, pp. 7-19, 1997.



## APENDICE A - QUESTIONÁRIO PROGRAMADO

### UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG.<sup>a</sup> MECÂNICA (PG-MEC)

#### QUESTIONÁRIO EMPRESARIAL 01:

## ANÁLISE DE INVESTIMENTOS NA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS AVANÇADAS DE MANUFATURA

O objetivo geral desta pesquisa é identificar os fatores relevantes que são considerados na tomada de decisão para investimentos em tecnologias avançadas de manufatura, tais como automação de linha de produção, novos softwares (CAD, CAM, EDI, etc.), novos hardwares (Laser, Plasma, Ultra-Som, Medidor 3D, etc.).

O termo tecnologia avançada de manufatura deve ser entendido como qualquer nova tecnologia aplicada a um processo da sua empresa, com o objetivo de melhorar aspectos do produto (melhor qualidade, funcionalidade, segurança, etc.) ou do processo (menor tempo de fabricação, menos refugo, menos poluição, etc.)

Não considerar nessa análise, investimentos em ferramentas organizacionais (SAP, JIT, Kanban, FIFO, Manufatura Celular, etc.) ou investimentos em pessoas (treinamentos, cursos, etc.).

Suas informações são extremamente úteis para a complementação dessa pesquisa, a qual pretende contribuir com o desenvolvimento de uma metodologia para uma melhor performance das empresas através de uma tomada de decisão mais acertada, avaliando e divulgando o perfil de análise de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura e propondo uma ferramenta para utilização pelas empresas interessadas.

Gostaríamos de enfatizar que essas respostas são de caráter confidencial, onde iremos omitir o nome de vossa empresa, porque serão apenas apresentando os dados tabulados, de forma geral, das respostas fornecidas.

Esse questionário faz parte da Dissertação de Mestrado em andamento realizada na Universidade Federal do Paraná (UFPR), sob orientação do Prof. Marcelo Gechele Cleto, do Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica (PG-MEC).

Ao término da Dissertação, esta estará disponível na íntegra no site do PG-MEC no endereço eletrônico: [www.pg-mec.ufpr.br](http://www.pg-mec.ufpr.br) com todos os resultados obtidos nessa pesquisa de campo, tais como outras dissertações já defendidas e disponíveis no referido site.

Ao finalizar o questionário, favor retornar para o email: [douglas.ferreira@volkswagen.com.br](mailto:douglas.ferreira@volkswagen.com.br).

Obrigado por compartilhar seus pensamentos e idéias com a UFPR.

**Parte A: Cadastro Pessoal**

Nome Completo:	
Cargo:	
Tempo na Função	

**Parte B: Cadastro da Empresa**

1.	Razão Social	
2.	Número aproximado de funcionários diretos da sua empresa	
3.	Faturamento aproximando no último ano comercial	
4.	Ano do último investimento em tecnologias avançadas de manufatura	

1. Desenvolvimento de Produto / Processo:	Investimento Realizado (R\$)	Ano de Investimento
<i>Computer Aided Design - CAD</i> (Projeto Auxiliado por Computador)		
<i>Computer Aided Manufacturing - CAM</i> (Manufatura Auxiliada por Computador)		
<i>Computer Aided Engineering - CAE</i> (Engenharia Auxiliada por Computador)		
<i>Computer Aided Process Planning - CAPP</i> (Planejamento de Processo Auxiliado por Computador)		
<i>Rapid Modeling Prototype - RMP</i> (Modelamento Rápido de Protótipo)		
<i>Software de Desenvolvimento e Simulação de Processo</i> (Arena ou Similar)		
<i>Outra Tecnologia Aplicada no Desenvolvimento de Produto</i> Nome / Descrição		

## 2. Controle de Processo:

<i>Material Requirements Planning - MRP</i> (Planejamento de Recursos Materiais)		
<i>Manufacturing Resources Planning - MRPII</i> (Planejamento de Recursos de Manufatura)		
<i>Computer Aiding Inspection - CAI</i> (Inspeção Auxiliada por Computador)		
<i>Instrumentos de Medição e Controle</i> Nome / Descrição		
<i>Instrumentos de Medição e Controle</i> Nome / Descrição		
<i>Instrumentos de Medição e Controle</i> Nome / Descrição		
<i>Instrumentos de Medição e Controle</i> Nome / Descrição		
<i>Outra Tecnologia Aplicada no Controle de Processo</i> Nome / Descrição		

## 3. Manufatura:

<i>Computer Numeric Control - CNC</i> Controle Numérico Computadorizado		
<i>Flexible Manufacturing System - FMS</i> Sistema Flexível de Manufatura		
<i>Laser</i> (corte, solda, tratamento térmico, etc.)		
<i>Plasma</i> (corte, solda, tratamento térmico, etc.)		
<i>Automação</i> (robôs em geral)		
<i>Outra Tecnologia Aplicada na Manufatura</i> Nome / Descrição		

**4. Movimentação de Materiais:**

<i>Automated Storage and Retrieval System - AS/RS</i> <i>Sistema Automatizado de Armazenamento e Retirada</i>		
<i>Automated Guided Vehicle System - AGVS</i> <i>Sistema de Veículo Guiado Automaticamente</i>		
<i>Outra Tecnologia Aplicada na Movimentação de Materiais</i> <i>Nome / Descrição</i>		

**5. Comunicação:**

<i>Local Area Network - LAN</i> <i>Rede Local de Computadores</i>		
<i>Electronic Data Interchange - EDI</i> <i>Intercâmbio Eletrônico de Dados</i>		
<i>CAD/CAM Integrados</i>		
<i>Outra Tecnologia Aplicada na Comunicação</i> <i>Nome / Descrição</i>		

**Parte C: Importância das AMTs**

N.º	Questão	GRAU
1.	Qual a importância das Tecnologias Avançadas de Manufatura para o sucesso da sua empresa?	
2.	Como sua empresa classifica a dificuldade em realizar uma análise de investimento em Tecnologias Avançadas de Manufatura?	
3.	Como sua empresa classifica a dificuldade em estabelecer resultados esperados para a implantação de Tecnologias Avançadas de Manufatura?	
4.	Como sua empresa classifica a dificuldade em mensurar os resultados encontrados após a implantação de Tecnologias Avançadas de Manufatura?	

**Parte D: Métodos de Avaliação Econômica das AMTs**

N.º	Questão	GRAU
1.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e o custo do produto da sua empresa ?	
2.	Qual a importância da realização de uma análise de "Pay Back", ou "Tempo de Retorno" na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura para sua empresa?	
3.	Qual a importância da realização de uma análise de "ROI - Return On Investment", ou "Retorno sobre o Investimento" na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura para sua empresa?	
4.	Qual a importância da realização de uma análise "Custo x Benefício" na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura para sua empresa?	

5.	Qual é, em geral, o impacto do investimento em Tecnologias Avançadas de Manufatura para o fluxo de caixa da sua empresa?	
----	--	--

**Parte E: Impacto das AMTs sobre a Qualidade**

N.º	Questão	GRAU
1.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a qualidade do produto da sua empresa ?	
2.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição da quantidade de refugo de produção da sua empresa?	
3.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição da quantidade de retrabalho realizado na produção da sua empresa?	

**Parte F: Impacto das AMTs sobre a Flexibilidade dos Sistemas Produtivos**

N.º	Questão	GRAU
1.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a um novo modelo a ser produzido por sua empresa?	
2.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a quantidade de modelos que podem ser produzidos por sua empresa?	

**Parte G: Análise dos Fatores decisivos na adoção de AMTs**

N.º	Questão	GRAU
1.	Qual a importância dada ao fator “capacitação” da mão-de-obra no processo decisório de adoção de uma AMT? (capacitação para utilização da tecnologia adquirida)	
2.	Qual a importância dada ao fator “manutenabilidade” da AMT no processo decisório de adoção de uma AMT? (facilidade de realizar manutenção e ajustes na AMT)	
3.	Qual a importância dada ao “teste de uso” no processo decisório de adoção de uma AMT? (teste da AMT antes de decidir pela sua aquisição)	
4.	Qual a importância do “Benchmarck” no processo decisório de adoção de uma AMT? (análise da concorrência antes de decidir pela adoção de uma AMT)	
5.	Qual a importância do “Ganho de Vantagem Competitiva” no processo decisório de adoção de uma AMT?	
6.	Qual a importância da “Filosofia de sua empresa” no processo decisório de adoção de uma AMT? (algumas empresas possuem por filosofia adotarem AMTs em seus processos produtivos)	
7.	Qual a importância da “Influência da Matriz” no processo decisório de adoção de uma AMT? (muitas empresas possuem influência da matriz - principalmente multinacionais - no processo decisório de adoção de AMTs)	
8.	Outro Fator Decisivo na Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura. Nome / Descrição	

9.	Outro Fator Decisivo na Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura. Nome / Descrição	
10.	Outro Fator Decisivo na Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura. Nome / Descrição	
11.	Outro Fator Decisivo na Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura. Nome / Descrição	
12.	Outro Fator Decisivo na Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura. Nome / Descrição	
13.	Outro Fator Decisivo na Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura. Nome / Descrição	
14.	Outro Fator Decisivo na Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura. Nome / Descrição	

Outros comentários:

Obrigado por compartilhar seus pensamentos e idéias com a Universidade Federal do Paraná - UFPR. Sua contribuição é de extrema importância para a identificação de aspectos no tocante do processo de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura, especialmente no mercado de empresas metalúrgicas de Grande Porte.

Por favor, retornar este questionário para o email: [douglas.ferreira@volkswagen.com.br](mailto:douglas.ferreira@volkswagen.com.br).

Quaisquer dúvidas ou comentários adicionais que gostaria de fazer, favor entrar em contato pelo referido email ou pelo telefone: 381-3373.

Atenciosamente:

Douglas da Costa Ferreira  
Mestrando em Engenharia Mecânica - Ênfase em Gestão da Produção  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - PG-MEC  
Universidade Federal do Paraná - UFPR  
Email: [douglas.ferreira@volkswagen.com.br](mailto:douglas.ferreira@volkswagen.com.br)  
Fone: 381-3373

## APENDICE B - QUESTIONÁRIO PROGRAMADO II

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG.<sup>ª</sup> MECÂNICA (PG-MEC)

QUESTIONÁRIO EMPRESARIAL 02:

### PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS NA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS AVANÇADAS DE MANUFATURA

Conforme apresentado pela literatura e confirmado em uma primeira pesquisa de campo, as empresas metalúrgicas demonstram dificuldades no processo de adoção de tecnologias avançadas de manufatura.

Baseando-se nas pesquisas realizadas pelos autores e por dados levantados na primeira pesquisa de campo, pôde-se elaborar a proposta de metodologia para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, conforme apresentado abaixo.

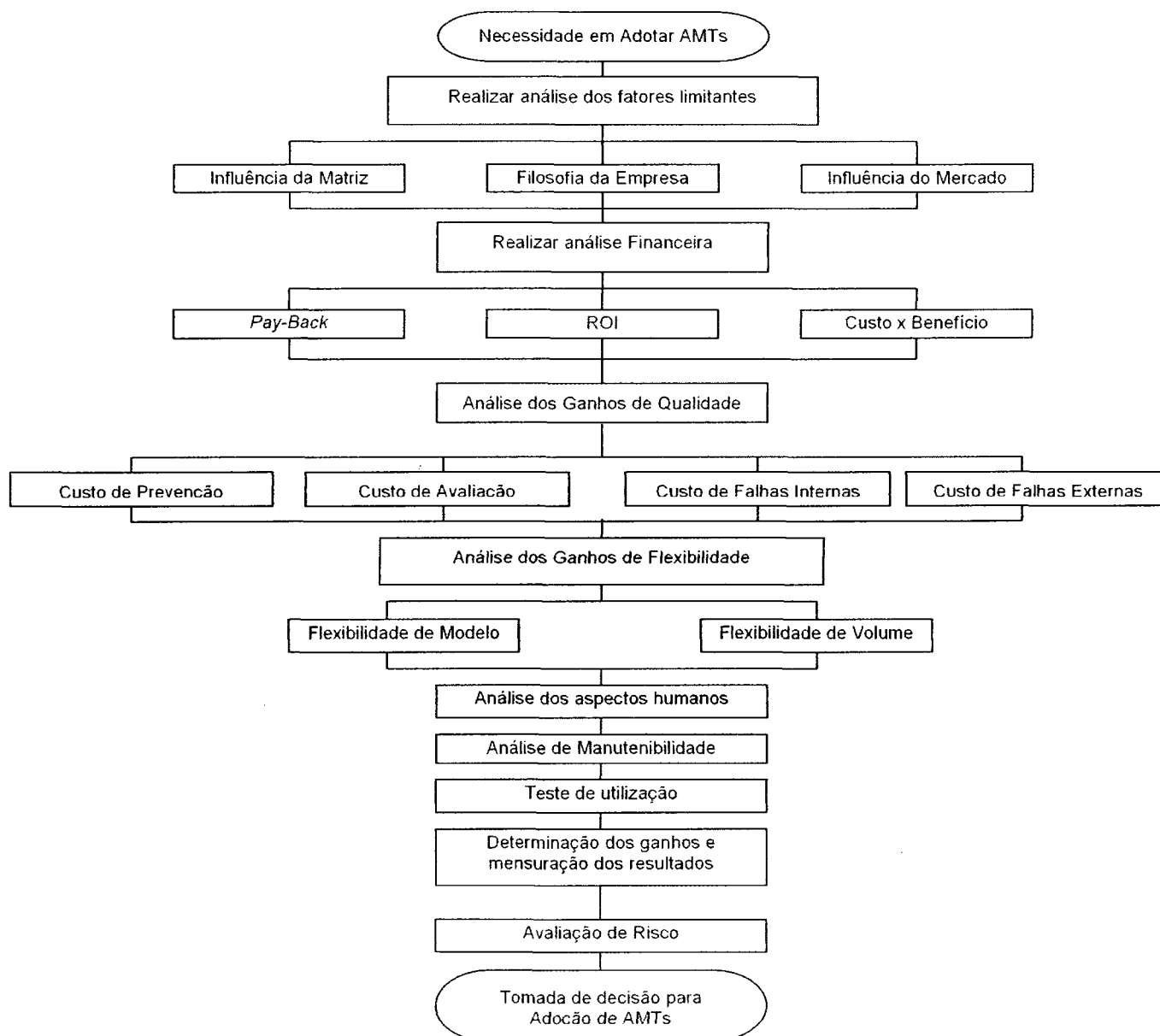


Figura 1.0 - Proposta de Metodologia para Análise de Investimentos na Adoção de AMTs

Segundo as pesquisas realizadas, existem alguns passos que são essenciais para um bom processo de análise de investimentos na adoção de tecnologias avançadas de manufatura, conforme apresentado na figura 1.0 acima.

O objetivo dessa segunda pesquisa de campo é avaliar essa proposta de metodologia, utilizando uma análise comparativa com o grau de utilização da metodologia pelas empresas e os resultados alcançados pelos investimentos realizados em tecnologias avançadas de manufatura.

Gostaríamos de enfatizar que essas respostas são de caráter confidencial, onde iremos omitir o nome de vossa empresa, porque serão apenas apresentando os dados tabulados, de forma geral, das respostas fornecidas.

Esse questionário faz parte da Dissertação de Mestrado em andamento realizada na Universidade Federal do Paraná (UFPR), sob orientação do Prof. Marcelo Gechele Cleto, do Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica (PG-MEC).

Ao término da Dissertação, esta estará disponível na íntegra no site do PG-MEC no endereço eletrônico: [www.pg-mec.ufpr.br](http://www.pg-mec.ufpr.br) com todos os resultados obtidos nessa pesquisa de campo, tais como outras dissertações já defendidas e disponíveis no referido site.

Obrigado por compartilhar seus pensamentos e idéias com a UFPR.



**Empresa:**

Razão Social:

**Parte A: Cadastro Pessoal**

Nome Completo:

Cargo:

Tempo na Função

**Parte B: Análise das Restrições no Processo de Adoção de AMTs**

N.º	Questão	GRAU
1.	Qual a importância da “Filosofia de sua empresa” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura por sua empresa?	
2.	Qual a importância da “Influência da Matriz” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura por sua empresa?	
3.	Qual a importância da “Influência do Mercado” no processo decisório de adoção de tecnologias avançadas de manufatura por sua empresa?	

**Parte C: Análise do Grau de Utilização da Metodologia Proposta**

N.º	Questão	GRAU
1.	Foi realizada uma análise de “Pay Back”, ou “Tempo de Retorno” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	
2.	Foi realizada uma análise de “ROI - <i>Return On Investment</i> ”, ou “Retorno sobre o Investimento” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	
3.	Foi realizada uma análise de “Custo x Benefício” na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	
4.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de prevenção na sua empresa?	
5.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de avaliação na sua empresa?	
6.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas internas na sua empresa?	
7.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a diminuição do custo de falhas externas na sua empresa?	
8.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a um novo volume a ser produzido por sua empresa?	
9.	Qual a relação dos Investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura e a velocidade de adaptação a novos modelos que podem ser produzidos por sua empresa?	

10.	Qual a importância dada ao fator “capacitação” da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa? (capacitação para utilização da tecnologia adquirida)	
11.	Qual a importância dada ao fator motivação da mão-de-obra no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa? (capacitação para utilização da tecnologia adquirida)	
12.	Qual a importância dada ao fator “manutenibilidade” da AMT no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa? (facilidade de realizar manutenção e ajustes na AMT)	
13.	Qual a importância dada ao “teste de uso” no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa? (teste da AMT antes de decidir pela sua aquisição)	
14.	Foi realizada uma análise dos ganhos esperados no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	
15.	Foi elaborada uma forma de mensuração dos ganhos no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	
16.	Foi realizada uma avaliação de risco no processo decisório de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na sua empresa?	

#### Parte D: Análise do Resultado na Adoção de AMTs

N.º	Questão	GRAU
1.	Os resultados esperados foram alcançados na adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura por sua empresa?	
2.	O tempo de <i>Pay-Back</i> foi alcançado?	
3.	O retorno do investimento foi o esperado?	
4.	O custo x benefício foi o esperado?	
5.	A diminuição dos “custos da qualidade” foram alcançados?	
6.	Houve um aumento da divisão de mercado após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	
7.	Houve um aumento da rentabilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	
8.	Houve um aumento da flexibilidade após a adoção da Tecnologia Avançada de Manufatura?	

Outros comentários:

--

Obrigado por compartilhar seus pensamentos e idéias com a Universidade Federal do Paraná - UFPR. Sua contribuição é de extrema importância para a identificação de aspectos no tocante do processo de adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura, especialmente no mercado de empresas metalúrgicas de Grande Porte.

Por favor, retornar este questionário para o email: [douglas.ferreira@volkswagen.com.br](mailto:douglas.ferreira@volkswagen.com.br).

Quaisquer dúvidas ou comentários adicionais que gostaria de fazer, favor entrar em contato pelo referido email ou pelo telefone: 381-3373.

Atenciosamente:

Douglas da Costa Ferreira  
Mestrando em Engenharia Mecânica - Ênfase em Gestão da Produção  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - PG-MEC  
Universidade Federal do Paraná - UFPR  
Email: [douglas.ferreira@volkswagen.com.br](mailto:douglas.ferreira@volkswagen.com.br)  
Fone: 381-3373

## APENDICE C - MÉTODOS DE ANÁLISE FINANCEIRA

Existem diversos métodos tradicionais de análise financeira. Esses métodos podem ser utilizados para os mais variados fins, no entanto, o objetivo dessa dissertação é a utilização de métodos financeiros para análise de investimento em tecnologias avançadas de manufatura. Segue a descrição e exemplificação de cada um desses métodos:

### 1. *Pay-back*<sup>21</sup>

O método de análise de investimentos chamado de *Pay-back*, define o número de períodos (medidos em anos, meses, semanas, etc.) necessários para a recuperação do investimento inicial. Usualmente, a opção com o menor *pay-back* será selecionada, em detrimento aos outros, desde que o período encontrado para esta opção seja considerado aceitável pela empresa.

Para cálculo do *pay-back*, consideram-se as entradas de caixa com o investimento, conforme mostra o exemplo da tabela 01, abaixo:

	Opção de Investimento A	Opção de Investimento B
Valor do Investimento (R\$)	42.000	45.000
Ano	Entradas de Caixa	
1	14.000	28.000
2	14.000	12.000
3	14.000	10.000
4	14.000	10.000
5	14.000	10.000
<i>Pay-Back</i> (anos)	3,0	2,5

Tabela 01 - Exemplo de uso do *Pay-back*

Para esse exemplo de utilização de *pay-back*, a melhor opção é o Investimento B, porque irá retornar o investimento em um menor tempo (2,5 anos). No entanto, se a empresa tiver estipulado um tempo máximo de *pay-back* de 2,0 anos, as duas opções devem ser rejeitadas.

### 2. Valor Presente Líquido (VPL)

<sup>21</sup> Não está sendo considerada a TMA (taxa de mínima atratividade) nesse exemplo, no entanto, é recomendável que se faça uso da TMA, principalmente no mercado brasileiro, onde as taxas de juro são muito atrativas.

O cálculo do Valor Presente Líquido - VPL (*Net Present Value - NPV*), é realizado através do valor monetário de um fluxo de caixa no ponto zero da escala de tempo do investimento, considerando a relativa taxa de juros. A equação para cálculo do VPL está mostrada na figura 01, abaixo:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} - I_o$$

Figura 01 - Valor Presente Líquido (VPL)

Para o cálculo do VPL, utiliza-se a equação mostrada na figura 01, onde os elementos representam:

- VPL = Valor Presente Líquido
- FC = Fluxo de Caixa
- t = Tempo (período unitário)
- K = Taxa de Juros
- $I_o$  = Investimento Inicial

Para exemplificar a utilização do VPL, considere os dados da tabela 01 e uma taxa de juros anual de 10%.

- Opção de Investimento A:

$$VPL = \{[(14.000 \times (1,10)^{-1}) + (14.000 \times (1,10)^{-2}) + \dots + (14.000 \times (1,10)^{-5})] - 42.000\}$$

$$VPL = \text{R\$ } 11.071,00$$

- Opção de Investimento B:

$$VPL = \{[(28.000 \times (1,10)^{-1}) + (12.000 \times (1,10)^{-2}) + \dots + (10.000 \times (1,10)^{-5})] - 45.000\}$$

$$VPL = \text{R\$ } 10.924,00$$

Nesse exemplo, ambas as opções de investimento são aceitáveis, pois representam valores maiores que zero. No entanto, a opção de investimento A é mais interessante que a opção de investimento B, por apresentar um maior VPL.

A utilização desse método para análise de investimentos requer que a projeção da taxa de juros seja realizada de maneira apurada, o que muitas vezes é difícil, ainda mais no cenário brasileiro. Contudo, leva em consideração a variação do dinheiro no tempo, sendo uma forma mais apurada que o *pay-back* para realização de análises de investimento.

#### Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno - TIR (*Internal Rate of Return - IRR*) é aquela que traduz o ponto zero do investimento, ou seja, a taxa mínima para que o investimento seja viável. A TIR pode ser calculada através da equação apresentada na figura 02, abaixo:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 - TIR)^t} - I_0$$

Figura 02 - Taxa Interna de Retorno (TIR)

Para o cálculo da TIR, utiliza-se a equação mostrada na figura 02, onde os elementos representam:

- TIR = Taxa Interna de Retorno
- FC = Fluxo de Caixa
- t = Tempo (período unitário)
- $I_0$  = Investimento Inicial

Para exemplificar a utilização da TIR, considere os dados da Opção de Investimento B, da tabela 01. O resumo dos cálculos da TIR está mostrado na tabela 02, abaixo:

Ano	Fluxo de Caixa (FC)	VPL
0	(45.000)	(45.000)
1	28.000	23.017
2	12.000	8.109
3	10.000	5.555
4	10.000	4.566
5	10.000	3.753
Para TIR = 21,65%, VPL = 0		0

Tabela 02 - Exemplo de uso da TIR

Para esse exemplo, o cálculo da TIR resultou em um valor igual a 21,65%. Para verificar se a opção de investimento é interessante, deve-se comparar a TIR com o custo do

capital. Se o custo de capital for menor (por exemplo, 13,0%) o investimento deve ser considerado vantajoso, pois a TIR é superior ao custo de capital.

### 3. Retorno Sobre o Investimento (ROI - *Return on Investment*)

O cálculo do Retorno Sobre o Investimento (ROI - *Return on Investment*) é a primeira etapa para a obtenção do valor econômico adicionado de um investimento. Sua formulação básica é a razão entre o lucro operacional (após o imposto de renda e as despesas/receitas financeiras) e os investimentos.

A finalidade básica do ROI é remunerar os proprietários de capital, de tal forma que seja possível avaliar a capacidade de geração de valor da empresa ou de um projeto de investimentos em especial, conforme mostra a figura 03, abaixo:

<b>Resultado Líquido do Investimento / Valor Investido</b> (VALOR ADICIONADO)
--

Figura 03 - Composição do ROI

Pequenas mudanças nos fluxos de caixa operacionais podem ser decisivas para aceitação do ROI pela gerência através análise do valor adicionado.